

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Sähkötekniikan koulutusohjelma

Tomi Lamminaho

ELÄINSUOJAN VALAISTUKSEN TOTEUTUSVAIHTOEHTOJEN
TEKNISTALOUEDELLINEN VERTAILUTUTKIMUS

Opinnäytetyö
Toukokuu 2015

Tekijä

Tomi Lamminaho

Nimeke

Eläinsuojan valaistuksen toteutusvaihtoehtojen teknistaloudellinen vertailututkimus

Toimeksiantaja

Maidontuotantoon erikoistunut maatila

Tiivistelmä

Tässä opinnäytetyössä oli tarkoitus suunnitella uusi valaistus vuonna 1998 valmistuneeseen lypsykarjapihattoon. Valaistavan tilan vanhat valaisimet olivat huonokuntoisia ja osa niistä oli kokonaan rikki. Tilassa oli selvä tarve uusille valaisimille.

Työ aloitettiin vertailemalla tarjolla olevia valaisintyyppejä ja miettimällä niistä parhaiten tilaan sopivaa vaihtoehtoa. Valaisinvaihtoehtoja vertailtiin toisiinsa valaistusvoimakkuuden, energiankulutuksen ja valaisimen fyysisen rakenteen sekä huoltotarpeen kannalta. Uusia valaisimia verrattiin myös olemassa oleviin valaisimiin ja pyrittiin selvittämään niiden välisiä energiankulutuksen ja valaistusvoimakkuuden eroja.

Tilassa oleville eläimille pyrittiin löytämään sopivimmat valaistusvoimakkuudet ja -ajat. Valaistusvoimakkuuksia ja -aikoja lähdettiin selvittämään koti- ja ulkomaisten tutkimusten perusteella.

Kieli
suomiSivuja 67
Liitteet 5

Asiasanat

valaistus, maatila, energiankulutus, valaistusvoimakkuus, Dialux



THESIS
May 2015
Degree Programme in Electrical Engineering

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
FINLAND

Author

Tomi Lamminaho

Title

Techno-Economic Comparative Study of Alternatives for Farm Lighting

Commissioned by

Farm specialized in milk production

Abstract

The purpose of this thesis was to design new lighting for a dairy barn, which was built in 1998. The lights in the illuminated area were in poor condition and some of them were completely broken. The area clearly needed new lighting.

The work was started by comparing available light solutions and by thinking, which of them would fit the illuminated area the best. The light solutions were compared to each other by taking into account illuminance, energy efficiency and the physical structure of the light solution and the need for maintenance. The new lights were compared to the existing ones and differences in energy efficiency and illuminance between the two were clarified.

The best suitable illuminance and lighting times were aimed at to suit the needs of the animals residing in the illuminated area. The best solution for illuminance and lighting times were studied by reading domestic and foreign studies about the subject.

Language
Finnish

Pages 67
Pages of appendices 5

Keywords

lighting, farm, energy efficiency, illuminance, Dialux

Sisältö

1	Johdanto	6
2	Valaistuksen teoria.....	6
2.1	Sähkömagneettinen spektri	7
2.2	Väriämpötila	7
3	Valaisintyypit	8
4	Työkohde	9
5	Nykytietämys lypsykarjan valaistustarpeesta	14
6	Vanhat valaisimet.....	15
6.1	Valaistusmittaus.....	15
6.2	Energialaskelma	18
7	Dialux.....	22
7.1	Dialux-ohjelma	22
7.2	Työkohteen mallinnus	23
8	Valaisinten vertailu.....	24
8.1	Valaisinsuunnitelmat.....	24
8.1.1	Glamox.....	25
8.1.2	Valtavalo	27
8.1.3	FarmLed.....	29
8.2	Energialaskelma	30
8.2.1	Glamox.....	30
8.2.2	Valtavalo	33
8.2.3	FarmLed.....	35
9	Valaisimen valinta	37
10	Uudet valaisimet	40
10.1	Energialaskelma	40
10.2	Valaisinten asennus.....	42
10.3	Valaistusmittaus.....	49
11	Pohdinta.....	51
12	Jatkotoimenpide-ehdotukset	53
	Lähteet.....	55

Liitteet

Liite 1	Valaistusvoimakkuusmittauksien mittausohje
Liite 2	Dialux:illa laskettuja valaistusvoimakkuutta esittäviä syvyyskäyriä
Liite 3	Dialux:illa laskettuja valaistusvoimakkuusrastereita
Liite 4	Ohjauskeskuksen kytkentäkaavio
Liite 5	Valaisinlinjojen ja yövalojen sijainti

Lyhenteet ja määritelmät

Elektroninen liitântälaite

Kuristin ja sytytin voidaan myös korvata elektronisella liitântälaitteella, jolloin liitântälaite syöttää suoraan valaisimelle sen tarvitseman jännitteen. Elektroninen liitântälaite saavuttaa perinteiseen kuristimeen verrattuna paremman hyötysuhteen ja välkkymättömän valon, eikä loisteputki myöskään syttyessään vilku.

Kuristin

Kuristimella tarkoitetaan kaasupurkauslampun (esim. loisteputki) liitântälaitetta. Kuristin koostuu useimmiten käämistä ja käämin keskellä olevasta rautasydäimestä. Kuristimen tehtävänä on rajoittaa valaisimelle tulevaa sähkövirtaa.

LED

LED eli *Light Emitting Diode* on puolijohdekomponentti, jota käytetään valaistuksessa, sekä merkkilamppuna elektroniikassa.

Luksi

Luksilla tarkoitetaan valaistavan pinnan valaistusvoimakkuuden yksikköä. Luksin lyhenteenä toimii kirjainyhdistelmä lx.

Sytytin

Jotta loisteputki saadaan syttymään, tarvitaan kuristimen lisäksi myös sytytin. Perinteinen sytytin sisältää bi-metallikärjet, kondensaattorin ja kaasua suljettuna koteloinnin sisään. Kun valaisin kytketään päälle, sytyttimen sisällä oleva kaasu antaa sähköpurkauksen, joka lämmittää bi-metallikärkiä ja sulkee kärjet. Nykyään on olemassa myös elektronisia sytyttimiä, joilla saavutetaan nopeampi loisteputken syttyminen.

Valaistusvoimakkuus

Valaistusvoimakkuus on suure, joka mittaa pinnalle kohdistuvaa valomäärää pinta-alaa kohden. Valaistusvoimakkuuden yksikkönä toimii lux.

1 Johdanto

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan vuonna 1998 valmistuneen lypsykarjapihaton valaistuksen uusimisen toteutusvaihtoehtoja. Lypsykarjapihaton olemassa oleva valaistus oli toteutettu loisteputkivalaisimin, joista suuri osa oli ajan kuluessa mennyt epäkuntoon.

Työssä verrattiin kolmen eri valmistajan valaisimia keskenään. Työssä mitattiin ja laskettiin valaisinten energiankulutuksia. Myös valaisinten fyysinen rakenne otettiin huomioon vertailtaessa eri valmistajien valaisimia keskenään. Olemassa olevan valaistuksen valaistusvoimakkuutta selvitettiin mittauksin. Vertailtavien valaisinten valaistusvoimakkuuksien tarkastelussa käytettiin apuna Dialux-valaistussuunnitteluohjelmaa.

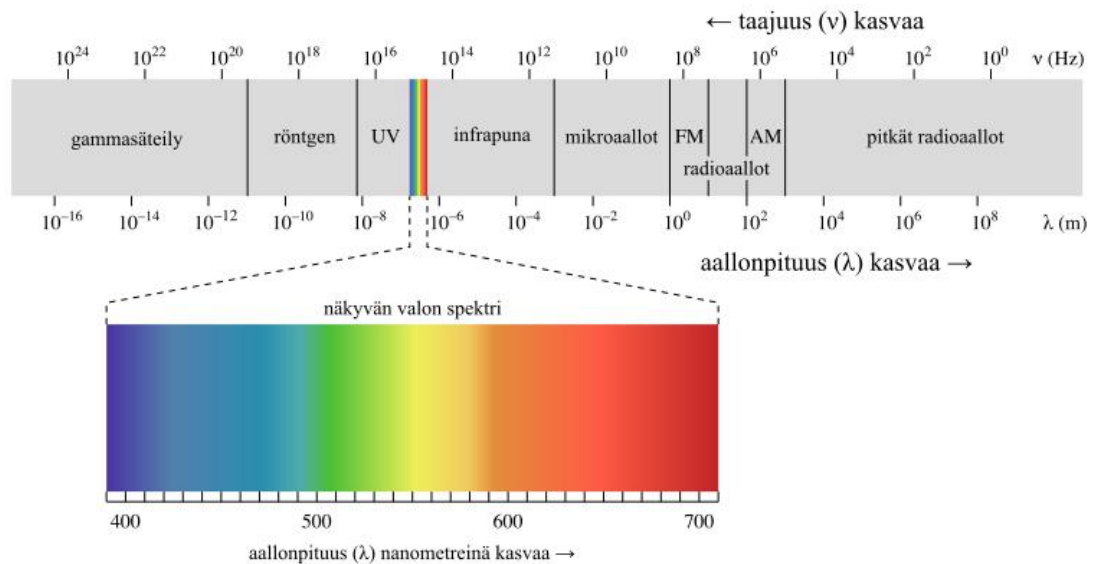
Tavoitteena oli suunnitella valaistus, jossa otettaisiin huomioon niin eläinten viihtyisyyteen ja hyvinvointiin liittyvät näkökohdat kuin myös lypsykarjapihatossa eläinten kanssa turvalliseen työskentelyyn kohdistuvat vaatimukset. Valaistuksen vaikutuksen tarkastelussa eläinten viihtyisyyteen ja hyvinvointiin käytettiin saatavilla olevaa uusinta tutkimustietoa asiasta.

2 Valaistuksen teoria

Valo on sähkömagneettista aaltoliikettä. Valo eroaa muista sähkömagneettisen aaltoliikkeen muodoista siten, että se on ihmissilmin nähtävää. Nähtävä valo on aallonpituudeltaan noin 400–750 nanometriä ja se on taajuudeltaan 400–750 terahertsiä. Ihminen näkee parhaiten keltavihreää valoa, joka sijoittuu 555 nanometrin aallonpituudelle. Valo ei tarvitse edetäkseen väliainetta, joten se pystyy etenemään myös tyhjiössä. [1; 2; 3.]

2.1 Sähkömagneettinen spektri

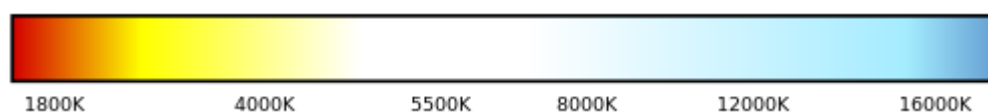
Sähkömagneettisella spektrillä (kuva 1) tarkoitetaan kaikkia sähkömagneettisen säteilyn tyyppejä. Missä spektrillä mikäkin tyyppinen säteily sijaitsee, riippuu säteilyn aallonpituudesta tai taajuudesta. Valon sijainti spektrillä määrää nähtävän valon värin ja värin sävyn. Valo taittuu spektrillä eri tavalla riippuen aallonpituudesta ja tämä pystytään havaitsemaan erivärisenä valona. [4.]



Kuva 1. Näkyvän valon sijainti sähkömagneettisella spektrillä [5].

2.2 Värilämpötila

Värilämpötila (kuva 2) on valon ominaisuus. Sen yksikkönä toimii kelvin. Värilämpötila kertoo valon värin lämpötilan. Värilämpötila on niin sanotun mustan kappaleen lämpötila, jonka lähettämä valo vastaa nähtävää valoa. Ollakseen musta kappale, valonlähteen tulee vastata värilämpötilaltaan niiden omaa lämpötilaa. [6.]



Kuva 2. Värilämpötila-asteikko [7].

Normaali hehkulamppu on värilämpötilaltaan 2700 kelviniä. Halogeenilamppu on noin 2700 kelviniä. Loisteputki on noin 4000 kelviniä. Päivänvalo on 5000 kelvinin luokkaa. [8.]

3 Valaisintyypit

Halogeenilamppu

Halogeenilamppu on hehkulampun kaltainen sisältäen hehkulangan lasikuvun sisässä, mutta se sisältää myös nimensä mukaisesti halogeenikaasua. Kaasulla saavutetaan perinteiseen hehkulamppuun verrattuna kuumempi hehkulangan palolämpötila ja tästä johtuen suurempi kirkkaus. Halogeenilamppu on myös hieman parempi energiankulutukseltaan, sekä käyttöiältään hehkulamppuun verrattuna. Halogeenilamppu on täysin resistiivinen vastuskuorma, joten sitä voi helposti himmentää muuttamalla jännitettä. [9; 10.]

Loisteputki

Loisteputki on täytetty matalapaineisella elohopea-kaasulla. Putken molemmissa päissä on hehkuvastukset, jotka höyrystävät putken sisältämän elohopean. Kuristimen läpi kulkeva virta synnyttää magneettikentän, joka purkautuu sytyttimen bi-metallikärkien avautuessa luoden kuristimeen korkean jännitteen, joka sytyttää loisteputken. Itse loisteputken lisäksi loisteputkivalaisin tarvitsee toimiakseen myös kuristimen ja sytyttimen tai elektronisen liitäntälaitteen. Käytettäessä perinteistä kuristintä, loisteputki välkkyi. Elektronista liitäntälaitetta käytettäessä välkyntää ei esiinny. [9; 11; 12.]

LED

Nimitys led tulee sanoista *Light Emitting Diode*. Kun sähkövirta kulkee ledin läpi, se synnyttää valoa. Ledin värisävy riippuu valmistuksessa käytetystä puolijohdemateriaalista. Ledin valkoinen värisävy voidaan toteuttaa kahdella tavalla. Voidaan käyttää linssiä, jonka sisäpinta on käsitelty aineella, joka ledin tuottaman valon heijastuessa linssin läpi muuttaa valon värisävyltään valkoiseksi. Toinen vaihtoehto on käyttää kolmea lediä yhdessä. Kun punaisen, vihreän ja sinisen värisävyt yhdistyvät, saadaan aikaan valkoinen valo. Valaistuskäytössä

käytettävät ledit vaativat joko erillisen muuntajan tai muuntaja voi olla myös valaisimen sisällä. Joitakin ledejä on mahdollista myös himmentää ledin tyypistä riippuen. Joissakin tapauksissa himmennystä varten tarvitaan erillinen laite. [13; 14.]

Monimetallilamppu

Monimetallilamppu koostuu lampun keskellä olevasta pienestä putkesta. Tätä lasiputkea kutsutaan purkausputkeksi. Purkausputki voi olla lasinen tai keraaminen. Purkausputki on täytetty kaasulla. Kun lamppu syttyy, se tuottaa ultraviolettivaloa. Lampun ulompi lasikerros on päällystetty sisältä aineella, jonka läpi heijastuessaan ultraviolettivalo muuttuu silmin havaittavaan muotoon. Lamppu toimii paineen alaisena. Lamppu saattaa rikkoontua käytön aikana ja se voi pirstaloitua hajottaa lampun ulomman lasikerroksen. Tästä johtuen valaisimet sisältävät usein suojalasin. Keraamisella purkausputkella varustetun lampun rikkoutuminen on epätodennäköisempää. [9; 15; 16.]

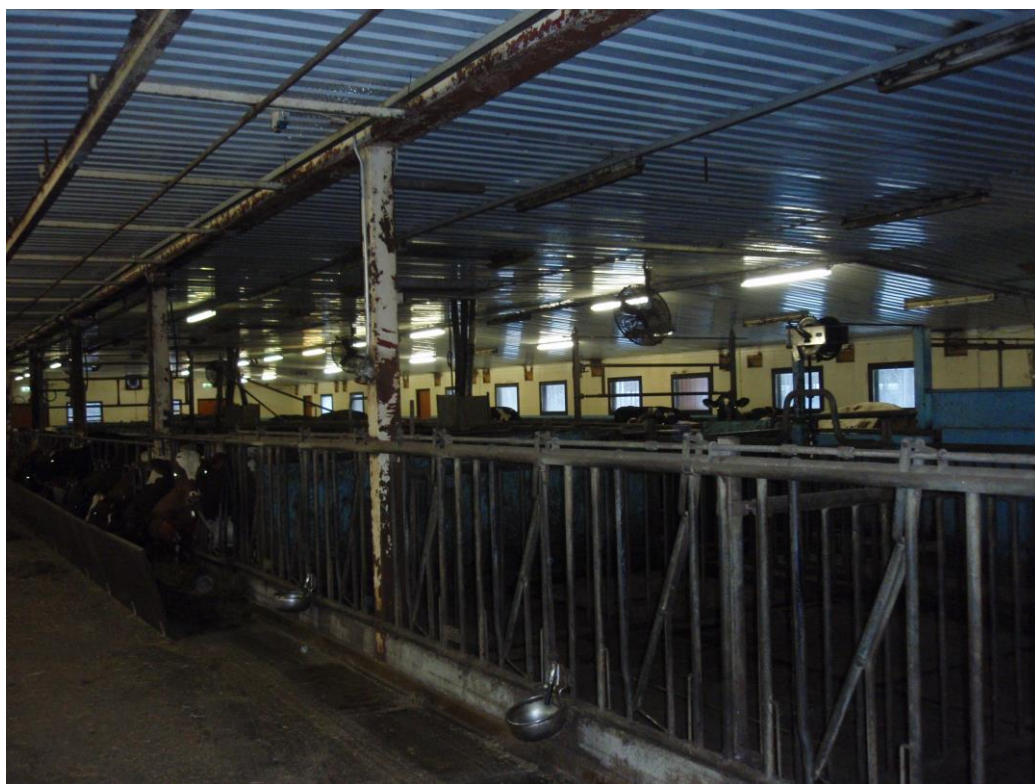
Suurpainenatriumlamppu

Suurpainenatriumlamppu tuottaa väriltään kellertävää valoa. Lampun keskellä on pieni putki, joka sisältää natriumia. Kun lamppu kytketään päälle, natrium alkaa höyrystyä ja höyry alkaa lähettää nähtävää valoa. Lamppu syttyy hitaasti ja saavuttaa lopullisen värinsä parin minuutin kuluessa. Lampun valo voidaan muuttaa värisävyltään valkoiseksi nostamalla lampun sisäistä painetta. Lampun sisäinen paine on normaalisti hyvin pieni. Mikäli painetta kasvatetaan, lampun valoteho ja polttoikä huonontuvat. Matalapaineisia lamppeja käytetään tievalaistuksessa. Lamput vaativat toimiakseen kuristimen ja sytyttimen. [9; 17.]

4 Työkohde

Työkohde on vuonna 1998 valmistunut lypsykarjapihatto. Valaistavassa tilassa, joka on kooltaan noin 1200 neliömetriä, oli useita rikkoontuneita valaisimia. Rikkoontuneet valaisimet käsittivät noin 10 prosenttia kaikista valaisimista. Alkuperäisten valaisinten kuvut oli jouduttu vaihtamaan lähes heti käyttöönoton jälkeen, koska ne eivät olleet soveltuneet navetakäyttöön. Ammoniakkipitoinen

ilma oli muuttanut alkuperäiset läpikuultavat kuvut väriltään valkoisiksi. Kupujen alkuperäiset kiinnikkeet olivat olleet muovisia. Muovin oli todettu olevan liian haurasta, mistä johtuen kiinnikkeet oli vaihdettu myöhemmin metallisiksi. Myös valaisinten puhtaanapito oli koettu hankalaksi. Valaisinten valo ja lämpö olivat houkutelleet kärpäsiä, jotka olivat lianneet valaisinten kuvut ja osin myös kattoa, jolloin valaistusteho oli laskenut nopeasti, ellei kupuja ja kattoa oltu pesty. Jotta valaistus olisi ollut tasainen ympäri vuoden, valaisinten kuvut ja navetan katto olisi jouduttu pesemään useamman kerran vuodessa, mikä oli koettu työlääksi. Tähän asti valaistavan tilan katto ja valaisinten kuvut oli pesty kerran vuodessa. Myös talviaikainen kosteus oli aiheuttanut runsaasti ongelmia valaisinten toiminnassa. Kylmemmillä ilmoilla kattoon tiivistyvä kosteus oli päässyt sisälle valaisimeen ja jakorasioihin ja aiheuttanut vikavirtasuojan laukeamisia. Entiset valaisimet olivat suojausluokaltaan IP44 ja uusien valaisinten toivottiin olevan suojausluokaltaan mahdollisuuksien mukaan jopa painepesun kestäviä.



Kuva 3. Lypsylehmien puoli ruokintapöydän suunnasta ennen valaistuksen uusimista.

Lypsyaseman (kuva 5) valaistus oli uusittu noin vuotta aiemmin johtuen vanhojen valaisinten huonosta kunnosta. Uusiksi valaisimiksi oli valittu led-valaisimet,

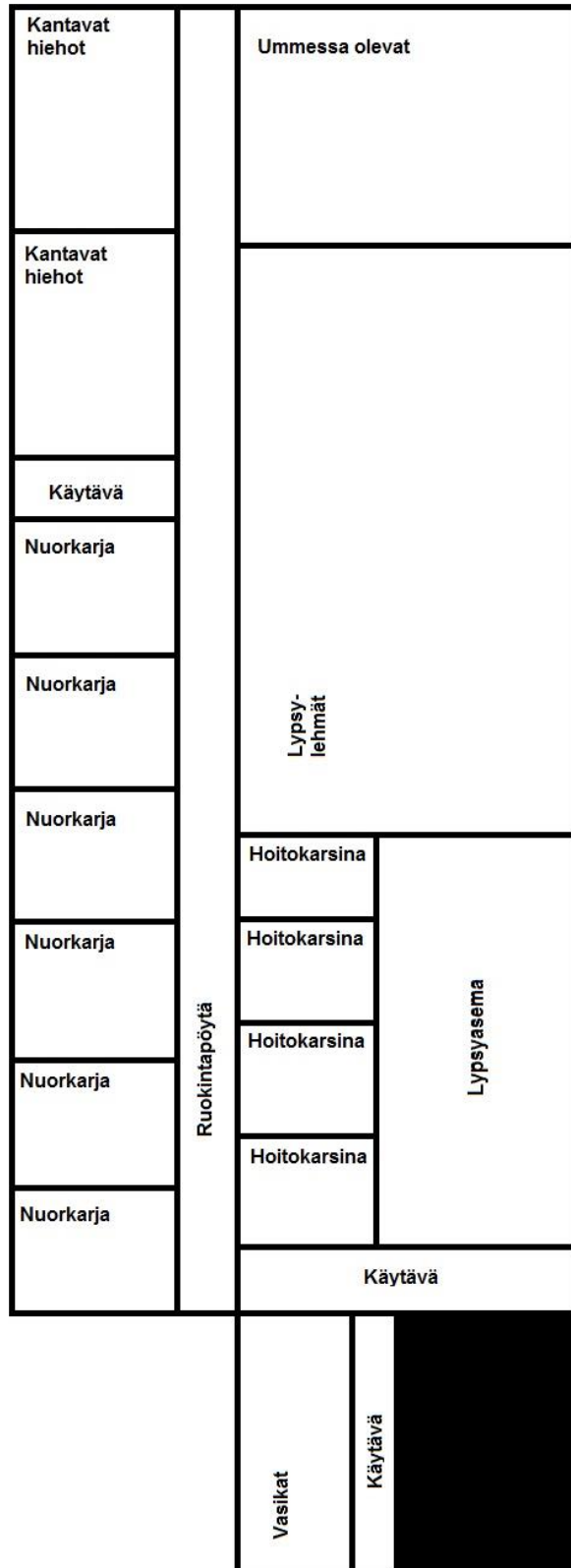
joiden toimivuutta oli haluttu kokeilla. Muualla eläintilassa oli yhä alkuperäiset loisteputkivalaisimet. Tarkoituksena oli uusia kaikki eläintilan valaisimet johtuen valaisinten huonosta kunnosta, usein toistuvista häiriöistä sekä vanhojen ja huonokuntoisten valaisinten lisääntyneestä huoltotarpeesta. Lisäksi toivottiin toimintavarmuutta ja haluttiin ottaa huomioon nykytietämys eläinten valontarpeesta, valaistuksen vaikutuksesta eri eläinryhmien hyvinvointiin ja maitotuotokseen, sekä eri eläinryhmien erilaiset vuorokausirytmät. Eri eläinryhmät olivat kuitenkin yhtenäisessä tilassa, jossa ei ole ollut väliseiniä ja suunnitelmaa tehtäessä hyväksyttiin se, että silloin kun vierekkäin olevilla eläinryhmillä on erilaiset valaistusrytmät, reuna-alueilla saavutettu valaistusteho saattaa hieman poiketa tavoitelluista arvoista. Tätä ei kuitenkaan pidetty merkittävänä ongelmana, eikä haluttu alkaa rajata eri valaistusrytmeissä olevia eläimiä esimerkiksi väliseinillä.

Koska kysymyksessä on pihattonavetta, jossa eläimet liikkuvat vapaina, valaistuksen toivottiin myös olevan mahdollisimman tasainen koko valaistavalla alueella. Lisäksi uusilta valamisilta toivottiin myös energiansäästöä. Valaistuksen kirkkauden ja valaisinrytmien hallinnan toivottiin olevan automatisoitua, jolloin vaihtuvat työntekijät ja työajat eivät vaikuttaisi eläinten valaistusrytmeihin.



Kuva 4. Ruokintapöytä ennen valaistuksen uusimista.

Valaistava tila (kuva 3; 4), johon valaisimia oltiin uusimassa, käsitti eläintilan lukuun ottamatta lypsyasemaa, jonne valaistus oli uusittu jo aiemmin. Eläintila oli puhdas. Se oli pesty muutamaa kuukautta aikaisemmin, eikä silminhavaittavaa likaa ollut juuri näkyvissä. Seinien yläosat ja katto olivat valkoisia. Seinien alaosat olivat väriltään vaaleansiniset. Rakennuksen pitkittäisillä seinillä oli ikkunat. Eläintilassa oli useita erilaisia eläinryhmiä, joista osalla on toisensa kanssa samanlainen valontarve. Vasikat, kasvavat hiehot, hoitokarsinoiden eläimet ja lypsylehmät muodostavat ensimmäisen ryhmän. Toinen ryhmä muodostuu kantavista hiehoista ja ummessa olevista lehdistä.



Kuva 5. Valaistavaa tilaa esittävä luonnospiirros.

5 Nykytietämys lypsykarjan valaistustarpeesta

Nykytietämyksen mukaan lypsykarja tarvitsee huomattavasti tehokkaamman valaistuksen kuin aikaisemmin on ymmärretty. Toisaalta lypsykarja tarvitsee myös selkeän vuorokausivaihtelun, jossa osa ajasta on kirkasta valoa ja osa ajasta ”pimeää”. Lisäksi eri-ikäisten ja eri tuotantovaiheessa olevien eläinten valaistustarve on erilainen.

Driessenin mukaan päivänvalo on rakennusten valaisussa halvempaa kuin sähkövalaistus. Sähkövalaistusta tarvitaan kuitenkin apuna riittävän tehokkaan valaistuksen saavuttamiseksi. Driessen suosittelee 16 (-18) tuntia valoa (>200 lx) ja 8 tuntia pimeää aikaa (<50 lx). Pilvettömänä yönä kuunvalo on noin 50 luksin luokkaa. Lehmä tunnistaa tämän yöksi. [18.]

Rajaniemen mukaan kasvavilla hiehoilla tulisi olla 16–18 tuntia kirkasta (yli 150 luksia) valoa vuorokaudessa. Pimeää ajanjaksoa tulisi puolestaan olla 6-8 tuntia, jolloin kirkkaus olisi alle 10 luksia. Kantavilla hiehoilla valoa tulisi olla 6-8 tuntia ja pimeää ajanjaksoa 16–18 tuntia vuorokaudessa. Eläimet voitiin näin ollen jakaa kahteen ryhmään: kasvavat hiehot ja lypsylehmät, sekä ummessa olevat lehmät ja kantavat hiehot. Vastaavalla ryhmittelyllä on mahdollista saavuttaa noin 2kg/d lisäys maitotuotokseen. [19.]

Karlströmin mukaan 16 tuntia valoa ja 8 tuntia pimeää-ohjelmalla on mahdollista saavuttaa useita etuja: jopa 10 prosentin lisäkasvu hiehoilla sekä parempi hyvinvointi ja hedelmällisyys hiehoilla ja lehmillä. Lehmien on myös todettu toimivan tehokkaammin hyvin valaistuissa tiloissa. Yhdistämällä 16 tunnin pimeä jakso iltaan ajoittuvaan ruokintaan lehmät on mahdollista saada poikimaan päiväaikaan. [20.]

Driessenin suositukseen perustuen päätettiin valaistusvoimakkuuden tavoitearvoksi asettaa 200 luksia. Rajaniemen esityksen perusteella päädyttiin jakamaan eläimet kahteen valaistusryhmään ja asettamaan niille omat valaistusajat.

6 Vanhat valaisimet

Työkohteen valaistus oli toteutettu 72 loisteputkivalaisimella (kuva 6). Niistä noin 10 prosenttia oli rikkoontuneita. Valaisimet olivat rikkoontuneet erityisesti sellaisilla alueilla, joilla valaistusta oli käytetty ympäri vuorokauden.



Kuva 6. Likaisia ja rikkoontuneita valaisimia katossa.

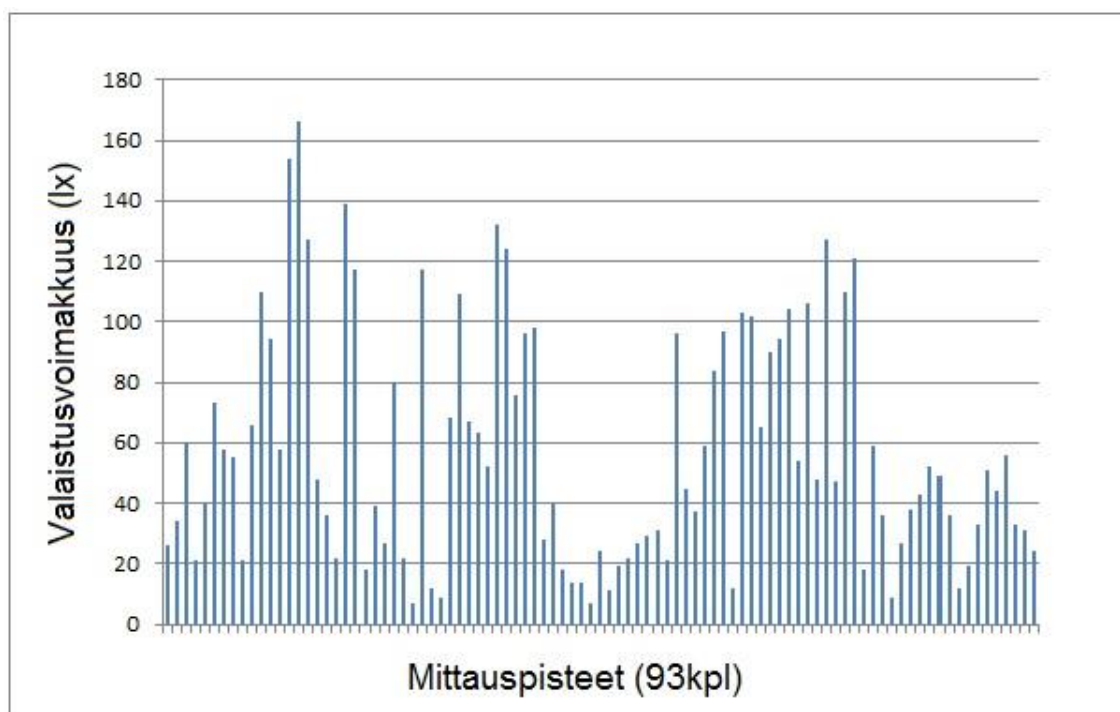
6.1 Valaistusmittaus

Olemassa oleville valaisimille suoritettiin valaistusvoimakkuuden mittausta, jotta tilanne voitiin paremmin kartoittaa. Valaistusmittarina käytettiin Tenmars TM-209 (kuva 7). Lukemat mitattiin pitämällä valaistusmittarin mittapäätä vaakatasossa noin yhden metrin korkeudella lattiapinnasta, mikä vastaa lehmän silmän korkeutta.



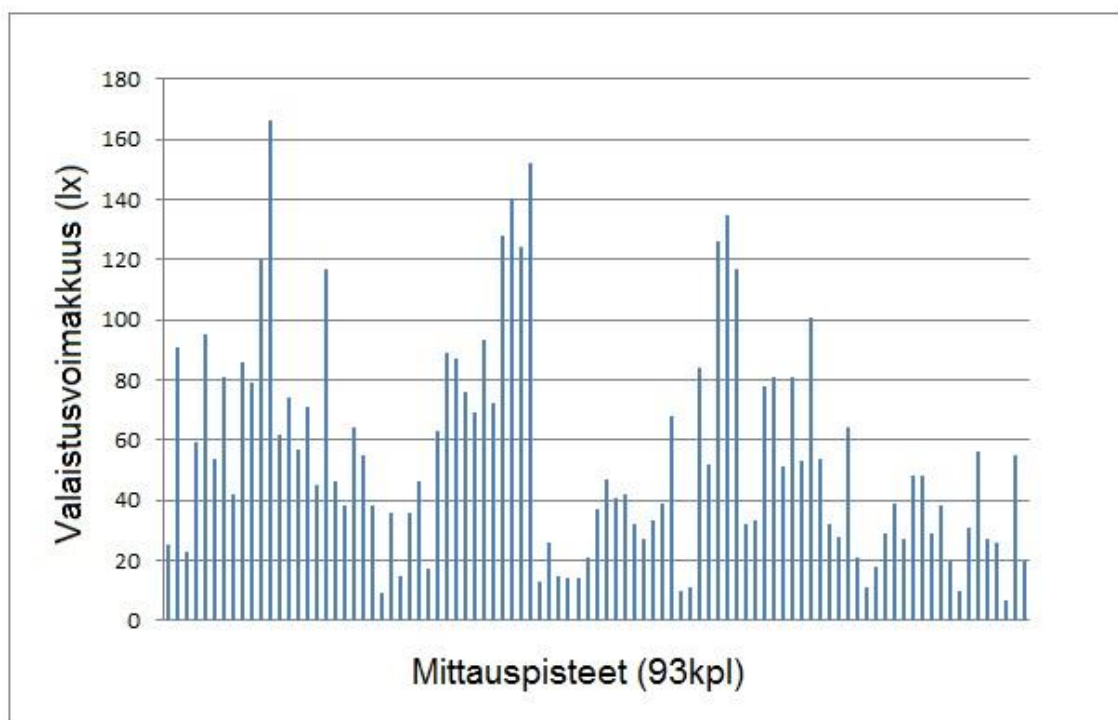
Kuva 7. Valaistusmittauksissa käytetty mittari (Tenmars TM-209).

Mittaukset suoritettiin sekä valoisana että pimeänä aikana. Jotta mittaustuloksista saataisiin yhtenäisemmät, laadittiin tarkka mittaushje (liite 1), jossa määriteltiin, kuinka monta lukemaa mitattiin kultakin alueelta. Nuorkarjalta, kantavilta hiehoilta ja ummessa olevilta mitattiin 10 lukemaa kustakin ryhmästä. Lypsy-lehmiltä, joka käsittää suurimman osan eläimistä, mitattiin 20 lukemaa. Hoitokarsinoista mitattiin 8 lukemaa (2 per karsina) ja vasikoilta 10 lukemaa. Lisäksi ruokintapöydältä mitattiin 5 lukemaa kaikista eläinryhmistä, jotka sijaitsevat ruokintapöydän ympärillä.



Kuva 8. Mittaustulokset (18.1.2015 klo 17.00) ajalta, jolloin ulkona pimeää (lx).

Ensimmäinen mittaus (kuva 8) suoritettiin 18. tammikuuta vuonna 2015 kello 17, jolloin ulkona oli pimeää. Mittaustulokset vaihtelivat alle 20 luksista noin 160 luksiin. Suurimassa osassa mittauspisteitä saavutettiin 40 luksin valaistusvoimakkuus.



Kuva 9. Mittaustulokset (19.1.2015 klo 12.00) ajalta, jolloin ulkona valoisaa (lx).

Toinen mittaus (kuva 9) suoritettiin 19. tammikuuta vuonna 2015 kello 12, jolloin ulkona oli valoisaa. Mittaustulokset vaihtelivat myös tässä mittauksessa alle 20 luksista noin 160 luksiin. Talviaikaisella päivänvalolla ei myöskään ollut merkitystä mittaustuloksiin, vaikka ikkunat olivat puhtaat. Ne ovat kuitenkin melko pieniä (90 cm X 140 cm) ja koska rakennus on noin 21 metriä leveä, ei päivänvalo vähennä valaistustarvetta ainakaan talviaikaan. Mittaustuloksista havaittiin, että nykyinen valaistus on riittämätön lypsykarjan tarpeisiin. Tavoitteeksi asetettua 200 luksin valaistusvoimakkuutta ei saavutettu yhdessäkään mittauspisteessä.

6.2 Energialaskelma

Vanhojen valaisinten tehonkulutusta lähdettiin tutkimaan ottamalla yksi vanha valaisinrunko ja mittaamalla sen tehonkulutus. Valaisinrunko oli alun perin kaksiputkinen, mutta koska valaistavan tilan valaisimet ovat yksiputkisia, poistettiin toinen mitattavan valaisimen putkista käytöstä ja toinen kuristimista irrotettiin, sekä toinen sytyttimistä poistettiin. Valaisin liitettiin tehomittariin, joka mittaa valaisimen pätötehoa. Valaisimen annettiin olla päälle kytkettynä 45 minuuttia,

jonka jälkeen teholuminaisuus tarkistettiin. Valaisimen tehoksi saatiin mittauksessa 63 W. Seuraavassa laskelmassa (taulukko 1) on huomioitu tilan maksama todellinen sähkön hinta ja tilan käyttämä vuodenaikatariffi.

Taulukko 1. Tilan käyttämä vuodenaikatariffi.

Talvi	Sähkön hinta päivällä
	7,42 snt+5,59 snt + 2,3597 snt = 15,3697 snt/kWh
	Sähkön hinta yöllä
	5,99 snt + 1,71 snt + 2,3597 snt = 10,0597 snt/kWh
Kesä	Sähkön hinta sama yöllä ja päivällä
	10,0597 snt/kWh

Valaistuslaskenta on jaettu kahdeksi osaksi johtuen eri eläinryhmien eri vuorikausirytmistä. Ryhmiä on kaksi. Jatkossa ryhmistä käytetään selkeyden vuoksi nimiä Ryhmä 1 ja Ryhmä 2. Ryhmä 2 sisältää ummessa olevat lehmät ja kantavat hiehot. Ryhmä 1 koostuu jäljelle jäävistä eläimistä eli lypsylehmistä, kasvavista hiehoista, vasikoista ja hoitokarsinoissa olevista eläimistä. Ryhmällä 1 kirkasta valaistusta käytetään 16 tuntia päivässä. Ryhmällä 2 kirkasta valaistusta käytetään 8 tuntia päivässä. Talviaikana ryhmällä 1 on 15 tuntia päivästä ja 1 tunti yöstä. Ryhmä 2:n valaistuksesta kaikki 8 tuntia ovat päivästä. Kesällä yö – ja päivästä ovat samanhintaisia. Eläintila pois luettuna lypsyasema sisältää 72 kappaletta yksiputkisia loisteputkivalaisimia. Ryhmän 2 alueella sijaitsee 15 kappaletta valaisimia.

Taulukko 2. Vanhojen loisteputkivalaisinten energialaskelman 1. osa.

Ryhmä 1	Teho	Valaistus käytössä
	Valaisimet käytössä 15 h päivällä, 1 h yöllä.	
	$63 \text{ W} * 15 \text{ kpl} = 945 \text{ W}$	
	$63 \text{ W} * 72 \text{ kpl} = 4536 \text{ W}$	
	$4536 \text{ W} - 945 \text{ W} = 3591 \text{ W}$	
Talvi(5kk):	Sähkön hinta (päivä)	15 h
	$7,42 \text{ snt} + 5,59 \text{ snt} + 2,3597 \text{ snt} = 15,3697 \text{ snt/kWh}$	
	$3,591 \text{ kW} * 15\text{h} = 53,87 \text{ kWh}$	
	$53,87 \text{ kWh} * 15,369 \text{ snt/kWh} = 827,97 \text{ snt} \sim 8,28 \text{ €}$	
	Sähkön hinta (yö)	1 h
	$5,99 \text{ snt} + 1,71 \text{ snt} + 2,3597 \text{ snt} = 10,0597 \text{ snt/kWh}$	
	$3,591 \text{ kW} * 1 \text{ h} = 3,59 \text{ kWh}$	
	$3,59 \text{ kWh} * 10,0597 \text{ snt/kWh} = 36,11 \text{ snt} \sim 0,36 \text{ €}$	
	$8,28 \text{ €} + 0,36 \text{ €} = 8,64 \text{ €}$	
	5 kk \sim 150 d	
	$150\text{d} * 8,64 \text{ €} = \underline{1296,00 \text{ €}}$	
Kesä(7kk):	Sähkön hinta (yö/päivä)	16 h
	10,0597 snt/kWh	
	$3,591 \text{ kW} * 16 \text{ h} = 57,46 \text{ kWh}$	
	$57,46 \text{ kWh} * 10,0597 \text{ snt/kWh} = 578,03 \text{ snt} \sim 5,78 \text{ €}$	
	7 kk \sim 210 d	
	$210 \text{ d} * 5,78 \text{ €} = \underline{1213,80 \text{ €}}$	

Valaisinten päiväkulutukseksi ryhmälle 1 laskettiin 57,5 kWh. Yksi päivä on hinnaltaan talvella 8,64 € ja kesällä 5,78 €. Ryhmälle 1 talvella kulutetun sähkön hinnaksi laskettiin 1296,00 €. Kesällä kulutetun sähkön hinnaksi puolestaan laskettiin 1213,80 €.

Taulukko 3. Vanhojen loisteputkivalaisinten energialaskelman 2. osa.

Ryhmä 2	Teho	Valaistus käytössä
	Valaisimet käytössä 8 h päivällä, 0 h yöllä.	
	$63 \text{ W} * 15 \text{ kpl} = 945 \text{ W}$	
Talvi(5kk):	Sähkön hinta (päivä)	8 h
	15,3697 snt/kWh	
	$0,945 \text{ kW} * 8 \text{ h} = 7,56 \text{ kWh}$	
	$7,56 \text{ kWh} * 15,3697 \text{ snt/kWh} = 116,19 \text{ snt} \sim 1,16 \text{ €}$	
	$150 \text{ d} * 1,16 \text{ €} = \underline{174,00 \text{ €}}$	
Kesä(7kk):	Sähkön hinta (yö/päivä)	8 h
	10,0597 snt/kWh	
	$7,56 \text{ kWh} * 10,0597 \text{ snt/kWh} = 76,05 \text{ snt} \sim 0,76 \text{ €}$	
	$210 \text{ d} * 0,76 \text{ €} = \underline{159,60 \text{ €}}$	
Yhteensä vuodessa	Vuosikulutus	
	$1 \text{ a} = 1296,00 \text{ €} + 1213,80 \text{ €} + 174,00 \text{ €} + 159,60 \text{ €} = \underline{2843,40 \text{ €}}$	

Ryhmän 2 päiväkulutus oli 5,6 kWh. Talvella yhden päivän hinnaksi tuli 1,16 € ja kesällä 0,76 €. Ryhmän 2 talvella kulutetun sähkön hinnaksi tuli 174,00 € ja kesällä 159,60 €. Koko vuoden sähkön hinnaksi molemmilta ryhmiltä yhteenlaskettuna tuli 2843,40 €.

7 Dialux

7.1 Dialux-ohjelma

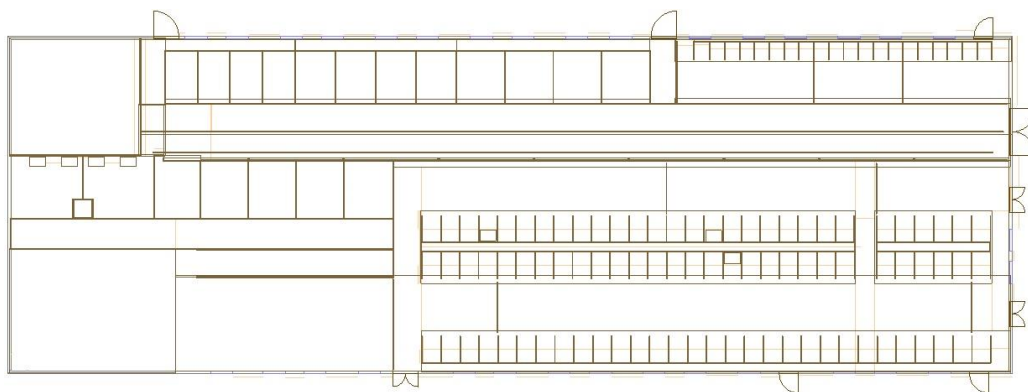
Dialux on valaistussuunnitteluohjelma. Sillä voidaan mallintaa valaistava tila. Ensin määritetään valaistavan tilan ulkomitat. Tilaan asetellaan ovet ja ikkunat ja niille asetetaan oikea korkeusasetus suhteessa tilan lattiaan. Seuraavaksi lisätään erilaiset tilaelementit kuten pylväät, palkit ja muut vastaavat esineet, jotka aiheuttavat tilaan varjoja. Myös kaltevat katot tulee huomioida. Lisäksi ohjelmaan syötetään tiedot tilassa käytettävistä materiaaleista ja väreistä, koska ne vaikuttavat valon heijastumiseen pinnoista.

Kun tila on mallinnettu, voidaan alkaa sijoittaa valaisimia tilaan. Ohjelmaan voidaan ladata valaisinkatalogeja tai erillisiä valonjakotiedostoja valaisinten lisäämiseksi ohjelmaan. Valaisimia voidaan lisätä tilaan joko yksittäin, linjoissa, kentissä tai kehiksi aseteltuna. Valaisimen asennuskorkeutta voidaan tämän jälkeen säätää, jotta valaisin sopii tilaan. Valaisinten määrä linjassa, kentässä tai kehässä voidaan helposti muuttaa tarpeen vaatiessa.

Kun valaisinten asetteluun ollaan tyytyväisiä, aloitetaan laskenta. Laskenta voi kestää tilan monimutkaisuudesta ja valaisinten määrästä riippuen muutamasta minuutista jopa kymmeneen minuuttiin. Laskennan tuloksia voidaan tarkastella yksinkertaisesta tulosteesta, jossa on listattuna karkeasti arvioitu tilan valaistusvoimakkuuden jakautuminen käyttötasolle, käytetyt valaisimet, niiden määrät, tehot ja valaistusvoimakkuuksien maksimi, minimi ja keskiarvoja tilan pinnoilta. Tulosteen jatkoksi voidaan valita muita dokumentteja kuten rasterikaavio, johon ohjelma piirtää valaistusvoimakkuudet valitulla tarkkuudella. Rasterikaaviota voidaan käyttää tilanteessa, jossa halutaan tarkempia tuloksia. Laskennasta päätellään, onko käytettyjen valaisinten tyyppi, määrä ja asennuspaikka sopiva. Mikäli todetaan, että valaistusvoimakkuus ei ole riittävä, voidaan tyyppiä, määrää ja sijaintia vaihtaa helposti, mutta laskelma joudutaan suorittamaan uudestaan. Kun saatuihin tuloksiin ollaan tyytyväisiä, voidaan valaisinsuunnitelmaa käyttää pohjana valaisinten asennusta suunnitellessa. Tuloksia voidaan tarkastella syvyyskäyristä (liite 2) tai valaistusvoimakkuusrasterista (liite 3).

7.2 Työkohteen mallinnus

Suunnitelman tekeminen aloitettiin tekemällä 3d-malli eläintilasta Dialux-ohjelmalla. Parsirakenteet, väliseinät ja palkit sekä erilaiset pylväät mallinnettiin, jotta ohjelma osaisi laskea niistä syntyvät varjot mukaan laskelmaan. Mallin pohjana käytettiin rakennuksen alkuperäisiä paperisia pääpiirustuksia. Kaikki tarvittavat mitat tarkistettiin piirustuksista, jotta tila saataisiin mallinnettua mahdollisimman tarkasti. Johtuen Dialux-ohjelman ajoittaisesta epävakaudesta jouduttiin mallia hieman yksinkertaistamaan ja käyttämään objekteja jotka olivat ohjelmalle kevyempiä mallintaa.



Kuva 10. Dialux:illa mallinnettu rakennuksen pohjapiirustus.



Kuva 11. Dialux:illa mallinnettu kolmiulotteinen malli eläintilasta.

8 Valaisinten vertailu

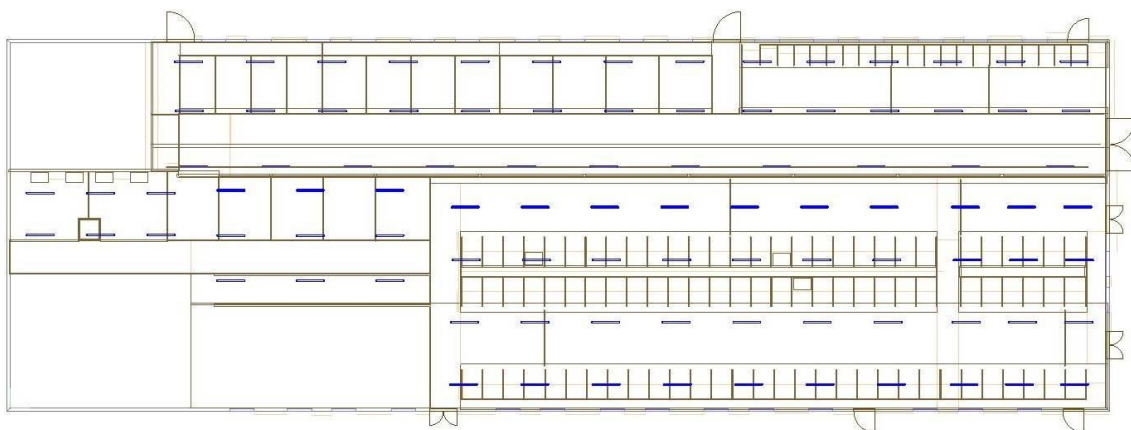
Uusia valaisimia mietittäessä ryhdyttiin tutkimaan tilaan sopivia valaisintyypppejä. Valittavien valaisinten oli oltava eläinsuojan olosuhteisiin sopivia. Tästä johtuen valaisinten kupujen oli oltava ammoniakkin kestäviä. Monimetalli – ja natriumpainevalaisimet jouduttiin sulkemaan pois johtuen riittämättömästä asennuskorkeudesta. Perinteisten loisteputkien lisäksi myös led-valaisimia mietittiin vaihtoehtona. Alustavien vertailujen pohjalta päädyttiin kolmen eri valaisinvalmistajan tuotteeseen. Yksi tuotteista oli loisteputkivalaisin ja kaksi muuta tuotetta olivat led-valaisimia.

8.1 Valaisinsuunnitelmat

Valaistussuunnitelmissa esitetyt valaistusvoimakkuusarvot on otettu Dialux:illa lasketuista käyttötason valaistusvoimakkuusrastereista (liite 3). Rastereiden tarkkuus on 32x32 arvoa. Rastereiden arvot ovat laskettu käyttötasolle eli noin yhden metrin korkeuteen. Rastereissa näkyvien punaisten alueiden arvot on jätetty pois Excelillä tehdyistä valaistusvoimakkuuskäyristä. Punaiset alueet sisältävät seinien sisälle jääviä mittausalueita, sekä lypsyaseman.

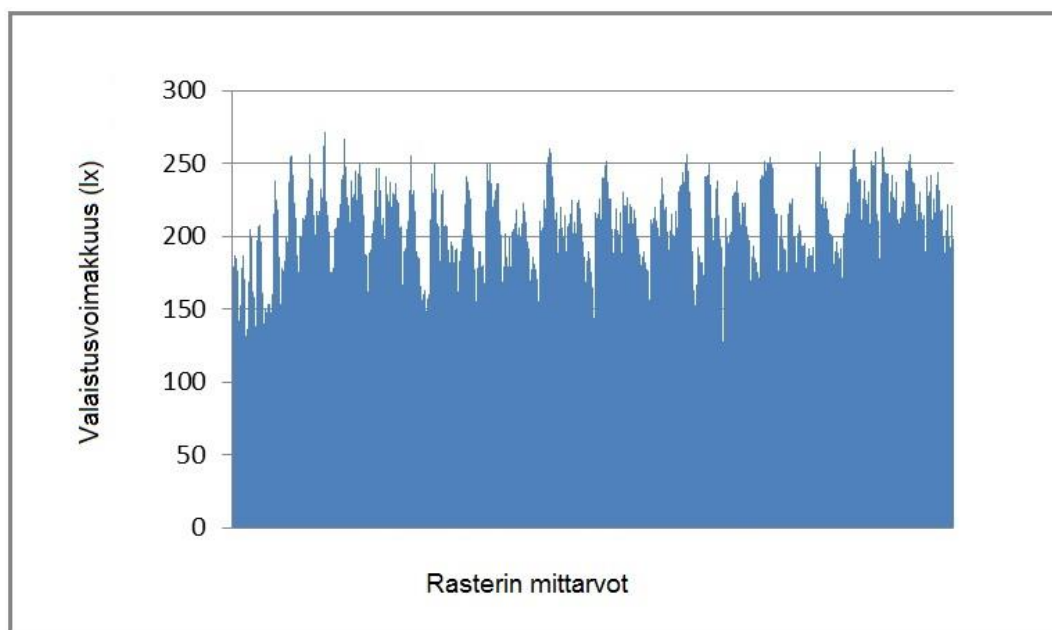
8.1.1 Glamox

Glamox GPV2 on teollisuuskäyttöön suunniteltu IP67 hyväksytty loisteputkivalaisin. Valaisinrunko on valmistettu lasikuituvahvistetusta polyesteristä, kuvun kiinnityssalvat ovat ruostumatonta terästä ja kupu polystyreeniä. Valaisimessa on käytössä yksi 58 watin loisteputki. Loisteputkien käyttöikä vaihtelee valmistajasta riippuen 10000–15000 tuntiin. [21.] Suunnitelmassa (kuva 13) käytettiin 94 kappaletta loisteputkivalaisinta tavoitellun 200 luksin valaistusvoimakkuuden saavuttamiseksi. Valaistusarvojen vertaamiseksi toisiin valaisinvaihtoehtoihin Dialuxin laskentatuloksista piirrettiin Excelillä kuvaaja (kuva 14).



Kuva 13. Glamoxin loisteputkivalaisimia sijoitettuna Dialux-pohjaan.

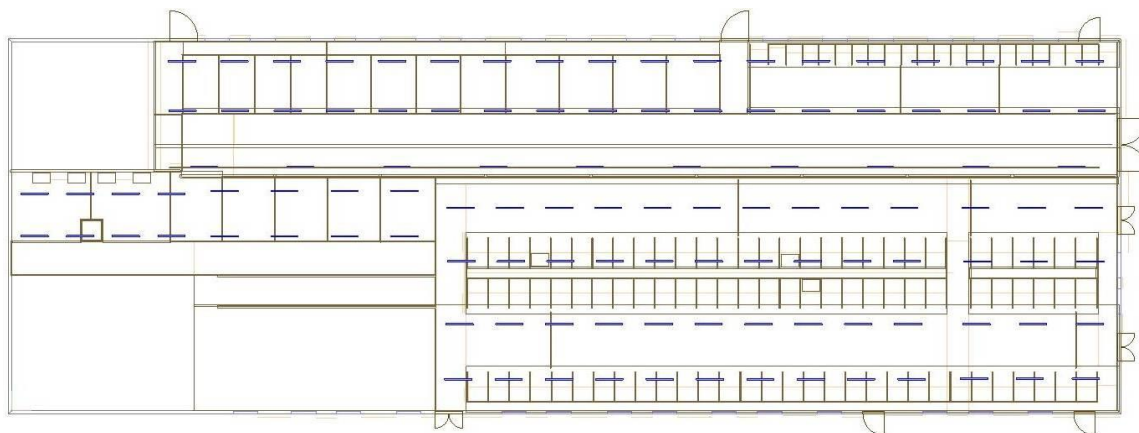
Glamoxin loisteputkivalaisimet sijoitettiin seitsemään pitkään riviin Dialux-pohjaan. Lisäksi vasikkakarsinaan ja hoitokarsinoidin sijoitettiin lyhyemmät valaisinrivit. Lypsylehmien alueelle suunniteltiin neljä pitkää valaisinriviä, joista kaksi on makuuparsien yläpuolella ja kaksi valaisee ritiläpalkkikäytäviä. Lisäksi yksi pitkä valaisinrivi valaisee lypsylehmien ruokintakourun ruokintapöydällä. Suunnitelmassa otettiin huomioon myös valaisinten mahdollisimman sujuva ja turvallinen asennus ja huolto. Nuorkarjan karsinoissa toisen valaisinrivin asennus ja huolto onnistuisi takakäytävältä ja toisen ruokintapöydältä. Lypsylehmien puolella valaisinten sijoittelulla ei ole niin suurta merkitystä, koska lehtiä pystytään rajaamaan pois työskentelyalueelta. Valaisinten sijoittelulla saavutetaan suurimmaksi osaksi tavoiteltu 200 luksin tavoiteltu valaistusvoimakkuus, eikä alle 150 luksin arvoja juuri esiinny.



Kuva 14. Dialuxin laskema valaistusvoimakkuus (lx) Glamoxin valaisimille.

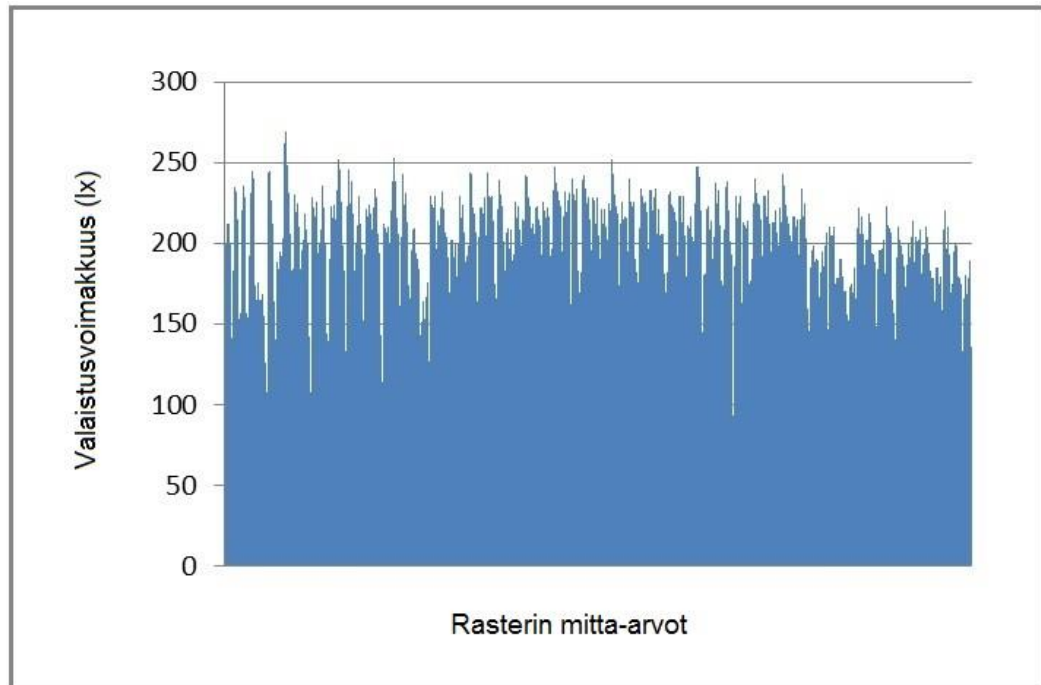
8.1.2 Valtavalo

Valtavalon G3+-loisteputket ovat led-loisteputkia, joiden valmistaja arvioi kestävän 125000 tuntia. Yksi led-loisteputki on teholtaan 24 wattia. Valmistaja on suunnitellut led-loisteputket niin, että ne voidaan vaihtaa olemassa olevaan valaisimeen normaalin loisteputken tilalle. Mikäli valaisimia ollaan uusimassa runkoineen, tarvitaan myös uudet valaisinrungot. Led-loisteputkien jälleenmyyjä suositteli Airam Marina -valaisinrunkoa. Valaisinrunko on suojausluokaltaan IP66 ja valmistettu ABS-muovista. [22.] Tavoitellun 200 luksin valaistusvoimakkuuden saavuttamiseksi suunnitelmassa (kuva 15) käytettiin 114 kappaletta yksiputkisia valaisimia. Valaistusarvojen vertaamiseksi toisiin valaisinvaihtoehtoihin Dialuxin laskentatuloksista piirrettiin Excelillä kuvaaja (kuva 16).



Kuva 15. Valtavalon led-loisteputkivalaisimia sijoitettuna Dialux-pohjaan.

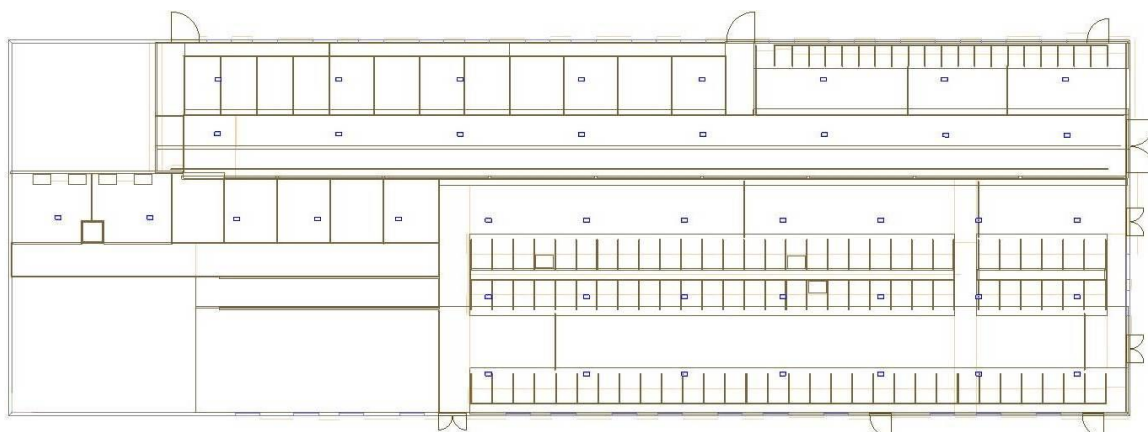
Valtavalon valaisimet sijoitettiin seitsemään pitkään riviin. Ruokintapöydän päälle sijoitettiin yksi rivi valaisimia olemassa olevaan johtokouruun. Vastaavalla valaisinasettelulla saavutettaisiin tavoiteltu 200 luksin valaistusvoimakkuus. Valaistusvoimakkuudessa esiintyi kuitenkin hieman tavoitearvon sekä ylittäviä että alittavia arvoja. Yli 250 luksin arvoja ei esiintynyt suunnitelmassa juurikaan. Muutama yksittäinen arvo alitti 150 luksia.



Kuva 16. Dialuxin laskema valaistusvoimakkuus (lx) Valtavalon valaisimille.

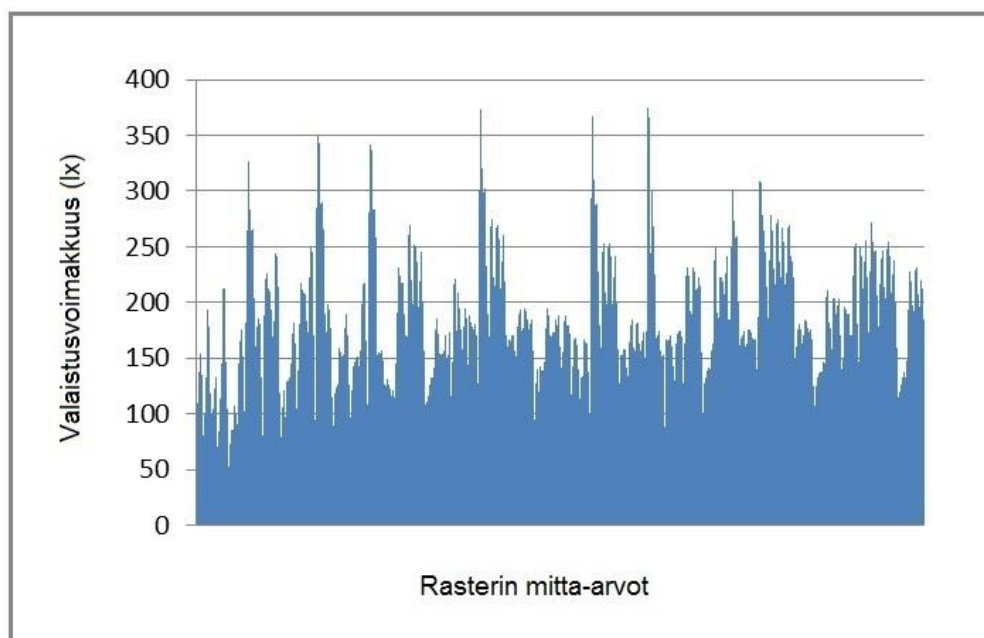
8.1.3 FarmLed

FarmLedin markkinoima Easy Led Pro 200 on IP66 hyväksytty led-valaisin. Valaisin on teholtaan 52 wattia. Valaisimen runko on valmistettu eloksoidusta alumiinista. Valaisimessa on himmennysmahdollisuus. Himmennystä ohjataan 1-10 voltin jänniteviestillä. Valmistaja arvioi valaisimen käyttöiäksi 80 000 tuntia, jonka jälkeen valaisimen valaisuteho laskee alle 80 prosenttiin. [23.] Suunnitelmassa (kuva 17) käytettiin 42 kappaletta valaisimia tavoitellun 200 luksin valaistusvoimakkuuden saavuttamiseksi. Valaistusarvojen vertaamiseksi toisiin valaisinvaihtoehtoihin Dialuxin laskentatuloksista piirrettiin Excelillä kuvaaja (kuva 18).



Kuva 17. FarmLedin led-valaisimia sijoitettuna Dialux-pohjaan.

Suunnitelma eroaa kahdesta edellisestä suunnitelmasta. Valaisimet on sijoitettu viiteen pitkään riviin. Hoito- ja vasikkakarsinoiden on suunniteltu yksi rivi valaisimia. Nuorkarjapuolella valaisinrivi on karsinoiden yläpuolella. Asennusvaiheen turvallinen toteutus edellyttää eläinten siirtoa työn edetessä nuorkarjapuolella. Valaisinten huoltotarve arvioidaan vähäiseksi, joten karsinoiden yläpuolelle sijoitettujen valaisinten ei uskota aiheuttavan ongelmia. Valaistusvoimakkuuslaskelman mukaan tavoitearvon ylityksiä ja alituksia tulee enemmän kuin kahdessa aikaisemmassa suunnitelmassa.



Kuva 18. Dialuxin laskema valaistusvoimakkuus (lx) FarmLedin valaisimille.

8.2 Energialaskelma

8.2.1 Glamox

Dialuxin laskema kokonaisteho 94 kpl 1x58 W loisteputkia on 6862 W. Dialuxin yhdelle 1x58 W loisteputkelle ilmoittama teho on 73 W.

Taulukko 4. Energialaskelman 1. osa käyttäen Glamoxin valaisimia.

Ryhmä 1	Teho	Valaistus käytössä
	Valaisimet käytössä 15 h päivällä, 1 h yöllä.	
	$24 \text{ kpl} * 73 \text{ W} = 1752 \text{ W}$	
	$6862 \text{ W} - 1752 \text{ W} = 5110 \text{ W}$	
Talvi(5kk):	Sähkön hinta (päivä)	15 h
	$7,42 \text{ snt} + 5,59 \text{ snt} + 2,3597 \text{ snt} = 15,3697 \text{ snt/kWh}$	
	$5,11 \text{ kW} * 15 \text{ h} = 76,65 \text{ kWh}$	
	$76,65 \text{ kWh} * 15,3697 \text{ snt/kWh} = 1178,1 \text{ snt} \sim 11,78 \text{ €}$	
	Sähkön hinta (yö)	1 h
	$5,99 \text{ snt} + 1,71 \text{ snt} + 2,3597 \text{ snt} = 10,0597 \text{ snt/kWh}$	
	$5,11 \text{ kW} * 1 \text{ h} = 5,11 \text{ kWh}$	
	$5,11 \text{ kWh} * 10,0597 \text{ snt/kWh} = 51,41 \text{ snt} \sim 0,51 \text{ €}$	
	$11,78 \text{ €} + 0,51 \text{ €} = 12,29 \text{ €}$	
	5 kk \sim 150 d	
	$150 \text{ d} * 12,29 \text{ €} = \underline{1843,50 \text{ €}}$	
Kesä(7kk):	Sähkön hinta (yö/päivä)	16 h
	10,0597 snt/kWh	
	$5,11 \text{ kW} * 16 \text{ h} = 81,76 \text{ kWh}$	
	$81,76 \text{ kWh} * 10,06 \text{ snt/kWh} = 822,51 \text{ snt} \sim 8,23 \text{ €}$	
	7 kk \sim 210 d	
	$210 \text{ d} * 8,23 \text{ €} = \underline{1728,30 \text{ €}}$	

Laskelmassa (taulukko 4) valaisinten päiväkulutukseksi ryhmälle 1 laskettiin 81,8 kWh. Yksi päivä on hinnaltaan talvella 11,78 € ja kesällä 8,23 0€. Ryhmälle 1 talvella kulutetun sähkön hinnaksi laskettiin 1843,50 €. Kesällä kulutetun sähkön hinnaksi puolestaan laskettiin 1728,30 €.

Taulukko 5. Energialaskelman 2. osa käyttäen Glamoxin valaisimia.

Ryhmä 2	Teho	Valaistus käytössä
	Valaisimet käytössä 8 h päivällä, 0 h yöllä.	
	24 kpl * 73 W = 1752 W	
Talvi(5kk):	Sähkön hinta (päivä)	8 h
	15,3697 snt/kWh	
	1,752 kW * 8 h = 14,02 kWh	
	14,02 kWh * 15,3697 snt/kWh = 215,48 snt ~ 2,15 €	
	150 d * 2,15 € = <u>322,50 €</u>	
Kesä(7kk):	Sähkön hinta (yö/päivä)	8 h
	10,0597 snt/kWh	
	14,02 kWh * 10,0597 snt/kWh = 141,04 snt ~ 1,41 €	
	210 d * 1,41 € = <u>296,10 €</u>	
Yhteensä vuodessa	Vuosikulutus	
	1 a = 1843,50 € + 1728,30 € + 322,50 € + 296,10 € = <u>4190,40 €</u>	

Ryhmän 2 päiväkulutus (taulukko 5) oli 14,0 kWh. Talvella yhden päivän hinnaksi tuli 2,15 € ja kesällä 1,41 €. Ryhmän 2 talvella kulutetun sähkön hinnaksi tuli 322,50 € ja kesällä 296,10 €. Koko vuoden sähkön hinnaksi molemmilta ryhmiltä yhteenlaskettuna tuli 4190,40 €.

$$4190,40 \text{ €} - 2843,40 \text{ €} = 1347,00 \text{ €}$$

Verrattaessa Glamoxin valaisinten vuosikulutusta vanhoihin valaisimiin (taulukko 2; 3) nähdään, että Glamoxin kulutus on suurempi. Tämä johtuu suuremmasta määrästä valaisimia, koska pyritään korkeampaan tavoitearvoon.

8.2.2 Valtavallo

Dialuxin laskema kokonaisteho 114 kpl 1x24 W Led-loisteputkia on 2724,6 W.
Dialuxin yhdelle 1x24 W Led-loisteputkelle ilmoittama teho on 23,9 W.

Taulukko 6. Energialaskelman 1. osa käyttäen Valtavalon valaisimia.

Ryhmä 1	Teho	Valaistus käytössä
	$26 \text{ kpl} * 23,9 \text{ W} = 621,4 \text{ W}$	
	$2724,6 \text{ W} - 621,4 \text{ W} = 2103,2 \text{ W}$	
Talvi(5kk):	Sähkön hinta (päivä)	15 h
	15,3697 snt/kWh	
	$2,10 \text{ kW} * 15 \text{ h} = 31,5 \text{ kWh}$	
	$31,5 \text{ kWh} * 15,3697 \text{ snt/kWh} = 484,15 \text{ snt} \sim 4,84 \text{ €}$	
	Sähkön hinta (yö)	1 h
	10,0597 snt/kWh	
	$2,10 \text{ kW} * 1 \text{ h} = 2,10 \text{ kWh}$	
	$2,10 \text{ kW} * 10,0597 \text{ snt/kWh} = 21,13 \text{ snt} \sim 0,21 \text{ €}$	
	$4,84 \text{ €} + 0,21 \text{ €} = 5,05 \text{ €}$	
	5 kk ~ 150 d	
	$150 \text{ d} * 5,05 \text{ €} = \underline{757,50 \text{ €}}$	
Kesä(7kk):	Sähkön hinta (yö/päivä)	16 h
	10,0597 snt/kWh	
	$2,10 \text{ kW} * 16 \text{ h} = 33,6 \text{ kWh}$	
	$33,6 \text{ kWh} * 10,0597 \text{ snt/kWh} = 338,01 \text{ snt} \sim 3,38 \text{ €}$	
	7 kk ~ 210 d	
	$210 \text{ d} * 3,38 \text{ €} = \underline{709,80 \text{ €}}$	

Laskelmassa (taulukko 6) valaisinten päiväkulutukseksi ryhmälle 1 laskettiin 33,6 kWh. Yksi päivä on hinnaltaan talvella 5,05 € ja kesällä 3,38 €. Ryhmälle 1 talvella kulutetun sähkön hinnaksi laskettiin 757,50 €. Kesällä kulutetun sähkön hinnaksi puolestaan laskettiin 709,80 €.

Taulukko 7. Energialaskelman 2. osa käyttäen Valtavalon valaisimia.

Ryhmä 2	Teho	Valaistus käytössä
	26 kpl * 23,9 W = 621,4 W	
Talvi(5kk):	Sähkön hinta (päivä)	8 h
	15,3697 snt/kWh	
	0,621 kW * 8 h = 4,97 kWh	
	4,97 kWh * 15,3697 snt/kWh = 76,38 snt ~ 0,76 €	
	150 d * 0,76 € = <u>114,00 €</u>	
Kesä(7kk):	Sähkön hinta (yö/päivä)	8 h
	10,0597 snt/kWh	
	0,621 kW * 8 h = 4,97 kWh	
	4,97 kWh * 10,0597 snt/kWh = 50,0 snt ~ 0,50 €	
	210 d * 0,50 € = <u>105,00 €</u>	
Yhteensä vuodessa	Vuosikulutus	
	1 a = 757,50 € + 709,80 € + 113,00 € + 105,00 € = <u>1686,30 €</u>	

Ryhmän 2 päiväkulutus (taulukko 7) oli 5,0 kWh. Talvella yhden päivän hinnaksi tuli 0,76 € ja kesällä 0,50 €. Ryhmän 2 talvella kulutetun sähkön hinnaksi tuli 114,00 € ja kesällä 105,00 €. Koko vuoden sähkön hinnaksi molemmilta ryhmiltä yhteenlaskettuna tuli 1686,30 €.

$$2843,40 \text{ €} - 1686,30 \text{ €} = 1157,10 \text{ €}$$

Verrattaessa Valtavalon valaisinten vuosikulutusta vanhoihin valaisimiin (taulukko 2; 3) nähdään, että Valtavalon valaisimia käytettäessä säästettäisiin noin 1160 € vuosittaisessa sähkönkulutuksessa.

8.2.3 FarmLed

DiaLuxin laskema kokonaisteho 42 kpl Led-valaisimia on 2184,0 W. Dialuxin yhdelle Led-valaisimelle ilmoittama teho on 52,0 W.

Taulukko 8. Energialaskelman 1. osa käyttäen FarmLedin valaisimia.

Ryhmä 1	Teho	Valaistus käytössä
	$12 \text{ kpl} * 52,0 \text{ W} = 624,0 \text{ W}$	
	$2184,0 \text{ W} - 624,0 \text{ W} = 1560,0 \text{ W}$	
Talvi(5kk):	Sähkön hinta (päivä)	15 h
	15,3697 snt/kWh	
	$1,560 \text{ kW} * 15 \text{ h} = 23,40 \text{ kWh}$	
	$23,40 \text{ kWh} * 15,3697 \text{ snt/kWh} = 359,65 \text{ snt} \sim 3,60 \text{ €}$	
	Sähkön hinta (yö)	1 h
	10,0597 snt/kWh	
	$1,560 \text{ kWh} * 1 \text{ h} = 1,560 \text{ kWh}$	
	$1,560 \text{ kWh} * 10,0597 \text{ snt/kWh} = 15,69 \text{ snt} \sim 0,16 \text{ €}$	
	$3,60 \text{ €} + 0,16 \text{ €} = 3,76 \text{ €}$	
	$150 \text{ d} * 3,76 \text{ €} = \underline{564,00 \text{ €}}$	
Kesä(7kk):	Sähkön hinta (yö/päivä)	16 h
	10,0597 snt/kWh	
	$1,560 \text{ kW} * 16 \text{ h} = 24,96 \text{ kWh}$	
	$24,96 \text{ kWh} * 10,0597 \text{ snt/kWh} = 251,09 \text{ snt} \sim 2,51 \text{ €}$	
	$210 \text{ d} * 2,51 \text{ €} = \underline{527,10 \text{ €}}$	

Laskelmassa (taulukko 8) valaisinten päiväkulutukseksi ryhmälle 1 laskettiin 25,0 kWh. Yksi päivä on hinnaltaan talvella 3,76 € ja kesällä 2,51 €. Ryhmälle 1 talvella kulutetun sähkön hinnaksi laskettiin 564,00 €. Kesällä kulutetun sähkön hinnaksi puolestaan laskettiin 527,10 €.

Taulukko 9. Energialaskelman 2. osa käyttäen FarmLedin valaisimia.

Ryhmä 2	Teho	Valaistus käytössä
	$12 \text{ kpl} * 52,0 \text{ W} = 624,0 \text{ W}$	
Talvi(5kk):	Sähkön hinta (päivä)	8 h
	15,3697 snt/kWh	
	$0,624 \text{ kW} * 8 \text{ h} = 4,992 \text{ kW}$	
	$4,992 \text{ kW} * 15,3697 \text{ snt/kWh} = 76,73 \text{ snt} \sim 0,77 \text{ €}$	
	$150 \text{ d} * 0,77 \text{ €} = \underline{115,00 \text{ €}}$	
Kesä(7kk):	Sähkön hinta (yö/päivä)	8 h
	10,0597 snt/kWh	
	$0,624 \text{ kW} * 8 \text{ h} = 4,992 \text{ kWh}$	
	$4,992 \text{ kWh} * 10,0597 \text{ snt/kWh} = 50,22 \text{ snt} \sim 0,50 \text{ €}$	
	$210 \text{ d} * 0,50 \text{ €} = \underline{100,50 \text{ €}}$	
Yhteensä vuodessa	Vuosikulutus	
	$1 \text{ a} = 564,00 \text{ €} + 527,10 \text{ €} + 115,50 \text{ €} + 100,50 \text{ €} = \underline{1307,10 \text{ €}}$	

Ryhmän 2 päiväkulutusta (taulukko 9) oli 4,99 kWh. Talvella yhden päivän hinnaksi tuli 0,77 € ja kesällä 0,50 €. Ryhmän 2 talvella kulutetun sähkön hinnaksi tuli 115,00 € ja kesällä 100,50 €. Koko vuoden sähkön hinnaksi molemmilta ryhmiltä yhteenlaskettuna tuli 1307,10 €.

$$2843,40 \text{ €} - 1307,10 \text{ €} = 1536,30 \text{ €}$$

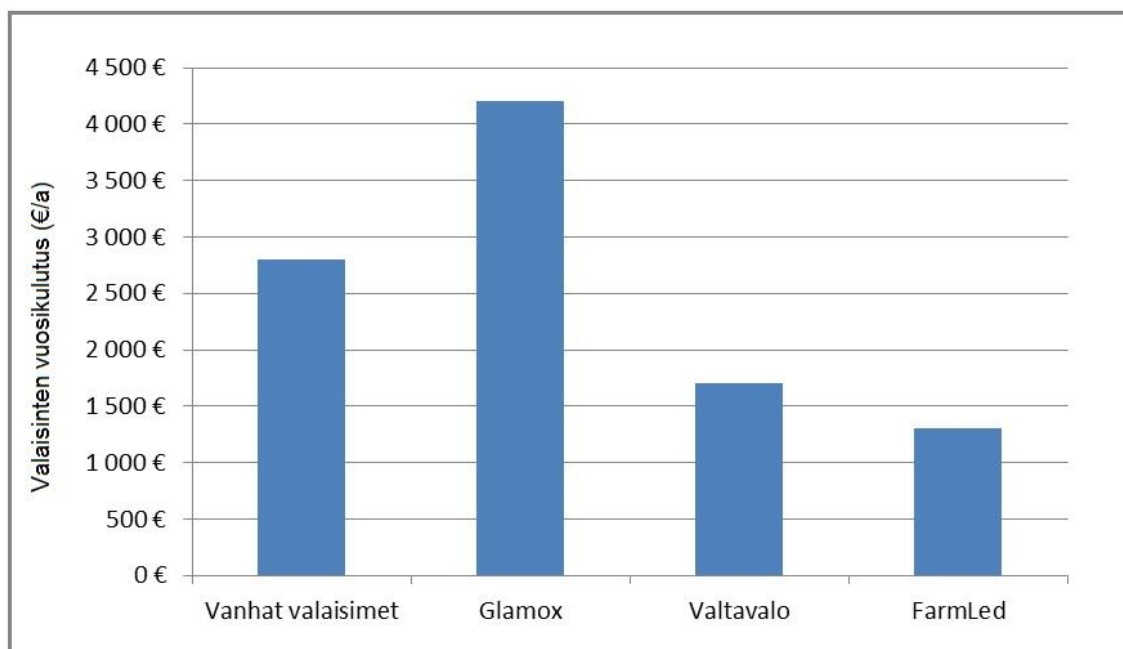
Verrattaessa FarmLedin valaisinten vuosikulutusta vanhoihin valaisimiin (taulukko 2; 3) nähdään, että FarmLedin valaisimia käytettäessä säästettäisiin noin 1536 € vuosittaisessa sähkönkulutuksessa.

Taulukko 10. Uusien valaisinten vuosikulutukset verrattuna vanhoihin valaisimiin.

Vuosikulutuksien vertailu	
Vanhat valaisimet	2843,40 € ~ 2843 €
Glamox	4190,40 € ~ 4190 €
Valtavallo	1686,30 € ~ 1686 €
FarmLed	1307,10 € ~ 1307 €

9 Valaisimen valinta

Valaisimia pyrittiin vertailemaan sähkön vuosikulutuksen (taulukko 10) perusteella, jotta saataisiin selville pienimmät ja suurimmat ylläpitokustannukset. Saatujen tulosten perusteella piirrettiin kuvaaja (kuva 19) helpottamaan arvojen tarkastelua. Uudella loisteputkivalaistuksella on suurin vuosittainen sähkönkulutus, mutta toisaalta myös pienin hankintahinta. Toiseksi suurin vuotuinen sähkönkulutus on vanhoilla loisteputkivalaisimilla. Tämä selittyy sillä, että eläintilassa oli useita rikkiöntyneitä valaisimia ja alkuperäisillä valaisimilla tavoiteltu valaistusvoimakkuuden arvo oli pienempi kuin tässä suunnitelmassa tavoitteeksi asetettu arvo. Led-valaisimilla sähkönkulutus on huomattavasti pienempi, mutta hankintahinta on vastaavasti kalliimpi loisteputkeen verrattuna.



Kuva 19. Valaisinten vuotuinen sähkönkulutus (euroina).

Valaisimien valaistusvoimakkuuksia selvitettiin Dialux-laskelmien perusteella. Valaistusvoimakkuusrastereista (liite 3) piirrettiin Excelillä kuvaajia (kuvat 14;16;18). Kuvaajien perusteella voidaan päätellä 94 kappaleella Glamoxin valaisimia olevan tasaisin valaistusvoimakkuus. Käyttämällä 114 kappaletta Valtavalon valaisimia valaistus on hieman epätasaisempi ja tavoitellun 200 luksin ylityksiä on hieman enemmän. Käyttämällä 42 kappaletta FarmLedin markkinointia Easy Led valaisimia valaistus on kolmesta vertailusta epätasaisin ja siinä esiintyy korkeita piikkejä.

Taulukko 11. Uusien valaisinten ominaisuuksia vertaileva taulukko.

Valaisin	Glamox	Valtavalo	FarmLed
Tyyppi	Loisteputki	LED	LED
Suojausluokka	IP67	IP66	IP66
Teho	58 W	24 W	52 W
Määrä	94 kpl	114 kpl	42 kpl
Sähkönkulutus	4190 €/vuosi	1686 €/vuosi	1307 €/vuosi
Käyttöikä (arvioitu)	10000-15000 h	125000h	80000 h
Valaistusvoimakkuus(keskiarvo)	207 lx	199 lx	179 lx

Glamoxin valaisinten valaistusvoimakkuuden keskiarvoksi laskettiin 207 luksia, Valtavalon 199 luksia ja FarmLedin 179 luksia (taulukko 11). Valaisimista ver-

tailtiin myös muita ominaisuuksia, kuten suojausluokkaa, tehoa ja arvioitua käyttöikää. Valtavalon ja FarmLedin suojausluokka on IP66 ja Glamoxin IP67. Arvioitu käyttöikä on Glamoxin tapauksessa loisteputken valmistajasta riippuen noin 10000-15000 tuntia, Valtavalolla 125000 tuntia ja FarmLedillä 80000h.

Kaikista kolmesta valaisimesta pyydettiin tarjoukset jälleenmyyjiltä siitä määrästä valaisimia, joka esitettiin kyseisen valaisimen suunnitelmassa. Valtavalon tapauksessa tarjouksessa laskettiin hinnat pelkille led-loisteputkille, sekä led-loisteputkille valaisinrunkojen kanssa. FarmLedin tarjouksessa sisältyi myös kyseisten valaisimien ohjaamiseen suunniteltu ohjauskeskus.

Valinnassa päädyttiin FarmLedin valaisimiin ja ohjauskeskukseen, koska lypsyasemalle oli noin vuotta aiemmin vaihdettu samanlaiset valaisimet ja niihin oli oltu tyytyväisiä. Lypsyaseman uusi valaistus oli havaittu tehokkaaksi, eikä valaisimia ollut tarvinnut pestä vielä kertaakaan vuoden käytön aikana. Tärkeänä pidettiin myös sitä, että FarmLedin valaisinten sähkönkulutus oli esillä olleista vaihtoehtoista laskelmien mukaan pienin. Lisäksi FarmLedin tarjous oli ainoa, joka sisälsi päivänvaloanturin, jonka ansiosta pystytään hyödyntämään luonnonvalo ja pienentämään sähkönkulutusta entisestään. Valintaan vaikutti myös valaisinten muotoilu, jonka ansiosta niiden arvioidaan olevan helposti puhdistettavia.

10 Uudet valaisimet

10.1 Energialaskelma

Uusien valaisimien teho päätettiin tarkistaa mittaamalla ja suorittaa uusi energialaskelma tulosten perusteella. Yhden led-valaisimen mitattu teho 45 min käytön jälkeen on 49,0W.

Taulukko 12. Energialaskelman 1. osa käyttäen FarmLed Pro200 valaisinta.

Ryhmä 1	Teho	Valaistus käytössä
	12 kpl * 49,0 W = 588,0 W	
	42 kpl * 49,0 W = 2058,0 W	
	2058,0 W - 588,0 W = 1470,0 W	
Talvi(5kk):	Sähkön hinta (päivä)	15 h
	15,3697 snt/kWh	
	1,470 kW * 15 h = 22,05 kWh	
	22,05 kWh * 15,3697 snt/kWh = 338,90 snt ~ 3,39 €	
	Sähkön hinta (yö)	1 h
	10,0597 snt/kWh	
	1,470 kWh * 1 h = 1,470 kWh	
	1,470 kWh * 10,0597 snt/kWh = 14,79 snt ~ 0,15 €	
	3,39 € + 0,15 € = 3,54 €	
	150 d * 3,54 € = <u>531,00 €</u>	
Kesä(7kk):	Sähkön hinta (yö/päivä)	16 h
	10,0597 snt/kWh	
	1,470 kW * 16 h = 23,52 kWh	
	23,52 kWh * 10,0597 snt/kWh = 236,60 snt ~ 2,37 €	
	210 d * 2,37 € = <u>497,70 €</u>	

Tässä laskelmassa (taulukko 12; 13) suoritettiin tarkempi energialaskenta perustuen yksittäisen Pro200 valaisimen mitattuun pätötehoon. Jotta mittaus olisi

tarkka, valaisimen annettiin olla sytytettynä 45 minuuttia ennen lukeman kirjaimista.

Taulukko 13. Energialaskelman 2. osa käyttäen FarmLed Pro200 valaisinta.

Ryhmä 2	Teho	Valaistus käytössä
	12 kpl * 49,0 W = 588,0 W	
Talvi(5kk):	Sähkön hinta (päivä)	8 h
	15,3697 snt/kWh	
	0,588 kW * 8 h = 4,704 kW	
	4,704 kW * 15,3697 snt/kWh = 72,30 snt ~ 0,72 €	
	150 d * 0,72 € = <u>108,00 €</u>	
Kesä(7kk):	Sähkön hinta (yö/päivä)	8 h
	10,0597 snt/kWh	
	0,588 kW * 8 h = 4,704 kWh	
	4,704 kWh * 10,0597 snt/kWh = 47,33 snt ~ 0,47 €	
	210 d * 0,47 € = <u>98,70 €</u>	
Yhteensä vuodessa	Vuosikulutus	
	1 a = 531,00 € + 497,70 € + 108,00 € + 98,70 € = <u>1235,40 €</u>	

Valaisinten päiväkulutukseksi ryhmälle 1 laskettiin 23,5 kWh. Yksi päivä on hinnaltaan talvella 3,54 € ja kesällä 2,37 €. Ryhmän 2 päiväkulutus oli 4,7 kWh. Talvella yhden päivän hinnaksi tuli 0,72 € ja kesällä 0,47 €. Ryhmälle 1 talvella kulutetun sähkön hinnaksi laskettiin 531,00 €. Kesällä kulutetun sähkön hinnaksi puolestaan laskettiin 497,70 €. Ryhmän 2 talvella kulutetun sähkön hinnaksi tuli 108,00 € ja kesällä 98,70 €. Koko vuoden sähkön hinnaksi molemmilta ryhmiltä yhteenlaskettuna tuli 1235,40 €.

1307,10 € - 1235,40 € = 71,70 €
2843,40 € - 1235,40 € = 1608 €

Verrattuna aikaisempaan laskentaan FarmLedin valaisimilla (taulukko 8; 9) laskettu sähkönkulutuksen hinta oli noin 70 € pienempi. Verrattuna vanhoihin valaisimiin säästöä kertyy yhteensä 1608 €.

10.2 Valaisinten asennus

Valaisimia asennettaessa käytettiin kahta olemassa olevaa valaisinasennuskiskoa. Loput vanhoista loisteputkivalaisimista oli asennettu kattoon. Uudet valaisimet asennettiin viiteen riviin, joten valaisinasennuskiskoa tarvitsi asentaa kolmeen jäljelle jäävään riviin. Valaisinten asennuksesta ja johdotuksen toteuttamisesta vastasi sähköurakoitsija. Toimeksiantaja valitsi FarmLedin Easy Led valaisinten lisäksi myös valaisinten ohjaukseen räätälöidyn ohjauskeskuksen.



Kuva 20. Suomalaisen Easy Led Oy:n valmistama led-valaisin valaisinasennuskiskoon asennettuna.

Ohjauskeskus (liite 4) sisältää logiikan aikaohjauksia varten. Aikaohjauksia on mahdollista muuttaa käsin käyttämällä ohjauskeskuksessa olevaa näyttöpaneelia (katso Kuva 22). Ajan muuttaminen tapahtuu paneelin yhteydessä olevia näppäimiä käyttäen. Valaisinohjaukset on jaettu kolmeen linjaan (liite 5). Liitteessä linja 1 on merkitty keltaisella, linja 3 sinisellä ja yövalot punaisella värillä. Linja 1 on eläinryhmälle 1 (lypsylehmät, kasvavat hiehot ja vasikat), linja 2 on yövalaistusryhmä ja linja 3 on eläinryhmälle 2 (kantavat hiehot ja ummessa olevat lehmät). Yövalaisimia on yhteensä 6 kappaletta. Kun päiväaika-asetus on käytössä, ne toimivat päivävaloina. Yöaika-asetuksen ollessa käytössä yövalaisimet himmennetään. Kaikkien valaisinlinjojen himmennystasoa on mahdollista muuttaa omasta potentiometriltään.

Ohjauskeskuksen yhteydessä toimitettiin myös päivänvaloanturi, jonka tarkoituksena on mitata valaistusvoimakkuutta päivää aikana ja himmentää valaisimia tarvittaessa. Haluttu valaistustaso säädetään anturin omasta potentiometrillä. Anturi ja yöohjaus on mahdollista kytkeä pois päältä, mikäli niille ei ole tarvetta.



Kuva 21. Ohjauskeskus kansi avattuna. Yläpuolella valaisinlinjojen kontaktorit sisältävä kotelo.

Ohjauskeskus sisältää myös käsi-automaattikytkimet, mikäli aikaohjaus halutaan ohittaa. Keskus sisältää myös toiminnon, jolla valaistus voidaan hetkellisesti sammuttaa. Tämä ohjelma ohittaa normaalin aikaohjauksen. Kun ohjelman asetettu aika kuluu loppuun, palataan normaaliin aikaohjaukseen. Toimin-

non tarkoituksena on valojen sammutus esimerkiksi kesäpäivänä, jolloin ikkunoista tuleva valo olisi riittävä eläimille.



Kuva 22. Ohjauskeskuksen käyttöpaneeli lähempää tarkasteltuna.

Navetassa on valaistuksen uusimisen jälkeen valoisaa. Viiteen riviin asennetut valaisimet valaisevat eläintilan tehokkaasti, eikä pimeitä kohtia ole silmin havaittavissa. Tehokkaamman valaistuksen ansiosta valvontakameroiden kuvat ovat

selkeämpiä. Varsinkin hoitokarsinoissa olevien poikivien tai sairaiden eläinten valvonta on helpottunut (kuva 23, vertaa kuvaan 6).



Kuva 23. Hoitokarsinat.

Päivänvaloanturi on sijoitettu asennuskiskoon, joka sijaitsee ruokintapöydän yllä (kuva 24). Anturi sijaitsee kuvassa etualalla näkyvässä jakorasiassa, joka on kiinnitetty valaisinripustuskiskoon.



Kuva 24. Ruokintapöytä valaistuksen uusimisen jälkeen.

Kantavien hiehojen (kuva 25) ja ummessa olevien lehmien 8 tunnin kirkkaan valon jakso ajoittuu kello 8.00–16.00 väliselle ajalle. Tällöin ulkona on valoisaa suurimman osan aikaa vuodesta ja aurinkoisina päivinä päivänvaloanturi saat-
taa himmentää valaistusta, jolloin sähkönkulutus pienenee. Lypsylehmien, kasvavien hiehojen ja vasikoiden kirkkaan valon jakso ajoittuu kello 5.30 ja kello 21.30 väliseen aikaan. Aamulla valaistus on ajastettu syttymään noin puoli tuntia ennen karjanhoitotöiden aloittamista, jolloin eläimet ovat jo aktiivisia hoitajien saapuessa paikalle.



Kuva 25. Hiehojen karsina valaistuksen uusimisen jälkeen.

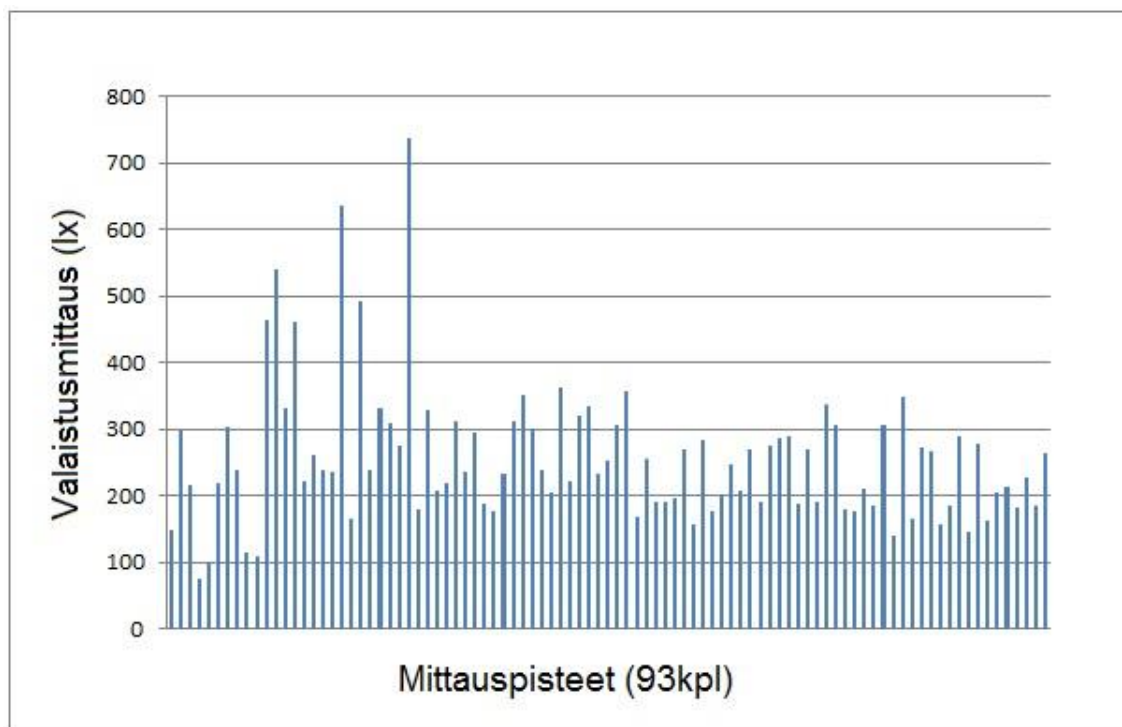
Ruokintapöytä on uusitun valaistuksen ansiosta valoisa. Myös ruokintapöydälle sijoitettu ruokintakouru on hyvin valaistu (vertaa kuvaa 26 kuvaan 4).



Kuva 26. Ruokintapöytä valaistuksen uusimisen jälkeen (vastakkaisesta suunnasta kuin kuvassa 24).

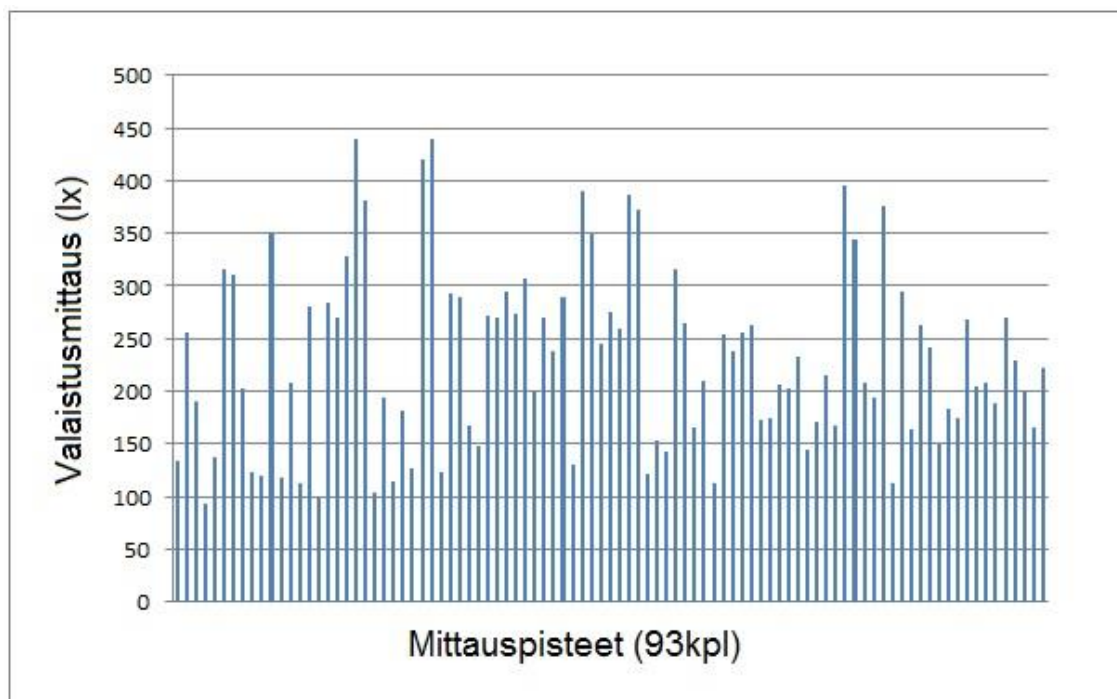
10.3 Valaistusmittaus

Valaistusmittauksessa, joka tehtiin Tenmars TM-209 mittalaitteella (kuva 7), uusilla valaisimilla pyrittiin toistamaan mittausolosuhteet mahdollisimman lähelle aiempien mittausten olosuhteita. Pimeän aikana tehdyssä mittauksessa valaisinlinja 1 asetettiin päälle käsikäytöllä, koska aikaohjaus oli jo mittausajan kohtaan mennessä sammuttanut kyseisen linjan valaisimet. Molemmissa mittauksissa valaisimet on asetettu täydelle kirkkaudelle.



Kuva 27. Mittaustulokset (16.4.2015 klo 12.00) kirkkaana kevätpäivänä (lx). Päivävalaistusta ei ole himmennetty.

Päiväaikana tehdyissä mittaustuloksissa huomattiin erityisen korkeita mittaustuloksia ikkunoiden läheisyydessä, mikä johtuu ikkunoista tulleesta päivänvalosta. Päivämittauksessa mittaustulokset pysyttelivät 200 luksin tasolla muilla alueilla, paitsi vasikkakarsinassa, jossa mitattiin muutama alle 100 luksin lukema.



Kuva 28. Mittaustulokset (15.4.2015 klo 21.00) illalla pimeään aikaan (lx). Päivävalaistusta ei ole himmennetty. Valaisinlinja 1 on kytketty käsikäytölle ja aikaohjaus on ohitettu.

Pimeän aikana mitatuissa mittauksissa esiintyy hieman epätasaisuutta. Epätasaisuutta selittää osin ulkoa tulevan valon puuttuminen, jolloin ikkunoiden läheisyydessä on havaittavissa matalampia mittaustuloksia päivämittaukseen verrattuna. Molemmissa mittauksissa esiintyy yksittäisiä lukemia, jotka yltyvät noin 300–400 luksiin. Nämä lukemat on mitattu suoraan valaisimien alta.

11 Pohdinta

Työn tuloksiin oltiin tyytyväisiä ja työlle asetetut tavoitteet saavutettiin. Valaistuksen uusimisen jälkeen eläinsuojan valaistuksen koettiin olevan tasainen eri puolilla rakennusta, mikä on lisännyt viihtyisyyttä. Myös työturvallisuuden koettiin lisääntyneen. Eläimet ovat tehokkaamman valaistuksen ansiosta käyttäytyneet rauhallisemmin, mikä on tärkeää, koska työntekijät joutuvat liikkumaan irrallaan olevien eläinten keskellä. Myös valvontakameroiden kuvat näkyvät selkeämmin tehokkaamman valaistuksen ansiosta, minkä vuoksi hoitokarsinoissa olevien poikivien tai sairaiden eläinten tarkastuskäyntejä on voitu vähentää. Hyvä valaistus on helpottanut myös navetassa tehtävää eläinten tarkkailua.

Uusitun valaistuksen automaattiseen ohjausjärjestelmään oltiin tyytyväisiä. Normaalioloissa valaisimet syttyvät ja sammuvat aikaohjauksella, eikä valaistuksenohjaukseen tarvitse puuttua. Muutosten tekeminen esimerkiksi valaistusaikoihin ja -tehoihin koettiin helpoksi. Valaistuksen automaattinen ohjausjärjestelmä on helpottanut työskentelyä, sekä vähentänyt uusien työntekijöiden opastuksen tarvetta. Eläintenhoitajat kokevat, että päivästä toiseen samanlaisena toistuva valaistusrytmi lisää eläinten hyvinvointia, koska naudat pitävät samanlaisena toistuvista rutiineista.

Eläinten käytöksessä on havaittu tapahtuneen muutoksia uuden valaistuksen käyttöönoton jälkeen. Eläimet ovat yleisesti alkaneet käyttäytyä rauhallisemmin. Kun 16 tunnin pimeä ajanjakso alkaa ummessa olevilla ja kantavilla hiehoilla, ne vetäytyvät makuulle ja näyttävät viettävän suuren osan kyseisestä ajasta makuulla. Lypsävillä lehmillä on huomattu toiminnan tehostuminen, kuten Karlström oli esitelmässään todennut. Lypsyn jälkeen lehmät menevät syömään, kuten aiemminkin, mutta siirtyvät entistä nopeammin parsiin makuulle. Pitemmän makuuajan tiedetään parantavan maitotuotosta ja viitteitä tuotoksen noususta onkin jo nähtävissä yksittäisillä lehmillä. Sen pidemmälle meneviä johtopäätöksiä valaistuksen tehostumisen vaikutuksista maitotuotokseen, hiehojen kasvuun tai eläinten hedelmällisyyteen ei voida tehdä tämän työn aikataulujen puitteissa. Karlströmin mukaan valo-ohjelman käyttöönoton vaikutukset maitotuotokseen alkavat näkyä vasta noin kolmen viikon kuluttua.

Työn suunnitteleminen aloitettiin kartoittamalla toimeksiantajan toiveet uudelle valaistukselle sekä perehtymällä olemassa olevaan tutkimustietoon lypsykarjan valaistustarpeesta. Seuraavaksi etsittiin eläinsuojiin soveltuvia valaisimia ja valittiin niistä kolme. Valaisimista tehtiin Dialux-ohjelmalla suunnitelmat, joissa määriteltiin valaisinten sijainti ja lukumäärä. Ohjelmalla laskettiin vertailtavien valaisinten valaistusvoimakkuudet käyttötasolla (1,0m). Valaisimista tehtiin myös energiankulutuslaskelmat.

Laskelmissa verrattiin valaisinvaihtoehtojen vuosikulutusta (€/a) vanhoihin valaisimiin. Laskelmien mukaan suurin sähkönkulutus oli Glamoxin loisteputkiva-

laisimilla. Uusista valaisimista toiseksi suurin sähkönkulutus oli Valtavalon led-valaisimilla ja pienin FarmLedin markkinoimilla valaisimilla. Verrattaessa Glamoxin valaisimia vanhoihin valaisimiin Glamoxin valaisimet kuluttivat 1347€ enemmän kuin vanha valaistus. Tämä johtuu suuremmasta määrästä valaisimia. Kun Valtavalon valaisimia verrattiin vanhoihin valaisimiin, säästöä tuli 1160€. FarmLedin valaisimia käytettäessä säästöä tuli yhteensä 1608€ tarkemmalla laskelmalla laskettuna. Tilan valaisemiseksi tarvittiin valaistusvoimakkuuslaskelmien mukaan 114 kappaletta Valtavalon led-valaisinta, 94 kappaletta Glamoxin valaisinta ja 42 kappaletta FarmLedin markkinoimia valaisimia. Laskelmien teon jälkeen valaisimista pyydettiin tarjoukset. Molemmat led-valaisimet olivat hankintahinnaltaan loisteputkivalaisimia kalliimpia.

Valaisinvaihtoehtojen kartoituksen jälkeen tehtiin valaisimen lopullinen valinta. Valittu valaisin oli energiankulutuslaskelman mukaan vuosikulutukseltaan pienin. Valaisinten asennuspaikat olivat tiedossa tehdyn dialux-suunnitelman pohjalta jo ennen asennuksen aloitusta. Asennuksen jälkeen mitattiin uusien valaisinten valaistusvoimakkuuksia ja verrattiin niitä vanhoihin valaisimiin. Tuloksissa näkyi merkittävää parannusta vanhoihin valaisimiin verrattuna.

Valaistuksen uusimisen voidaan todeta olleen kannattavaa, koska se on lisännyt sekä eläinten hyvinvointia että karjanhoitajien työviihtyvyyttä ja saattaa parantaa kannattavuutta pidemmällä aikavälillä pienemmän sähkönkulutuksen, kasvavan maitotuotoksen sekä eläinten paremman hedelmällisyyden ja kasvun ansiosta. Opinnäytetyöstä toivotaan olevan hyötyä myös sellaisille karjanomistajille, jotka suunnittelevat valaistusta uuteen navettaan tai harkitsevat olemassa olevan valaistuksen uusimista.

12 Jatkoimenpide-ehdotukset

Uusitun valaistuksen vaikutukset maitotuotokseen, hiehojen kasvuun sekä eläinten hedelmällisyyteen tulevat näkymään vasta pidemmällä aikavälillä. Maitotuotosta pystytään seuraamaan tilalla käytössä olevan tuotannonohjausjärjestelmän avulla. Tietoa maitotuotoksen kehityksestä sekä eläinten kasvusta ja hedelmällisyydestä tullaan saamaan myös tuotosseurannan kausi- ja vuosira-

porteista. Tuloksia voidaan verrata aiheesta tehtyihin tutkimuksiin, joita on käsitelty useissa eri lähteissä.

Sähkönkulutuksen muutoksia pystytään seuraamaan Pohjois-Karjalan Sähkön OmaWatti-palvelussa. Valaistuksen uusimisen jälkeistä sähkönkulutusta voidaan verrata aikaisempien vuosien sähkönkulutukseen halutun pituisella aikajaksolla. Vertailussa on kuitenkin otettava huomioon myös muut sähkönkoneiskulutukseen vaikuttavat muutokset vertailuajanjaksona. Mahdollista on myös suorittaa uusitun valaistuksen sähköenergiankulutuksen mittaus tietyn pituiselta ajanjaksolta tarkempien tietojen saamiseksi esimerkiksi Fluke-tehoanalysointia tai erillistä kWh-mittaria käyttäen.

Lähteet

1. Peltonen, H; Perkkiö, J; Vierinen, K. 2007. Insinöörin (AMK) Fysiikka Osa II.
ISBN 978-952-5191-19-6
Viitattu 14.4.2015.
2. Aspholm, S; Hirvonen, H; Hongisto, J; Lavonen, J; Penttilä, A; Saari, H;
Viiri, J. 2009. Aine ja energia.
ISBN 978-951-0-24932-1
Viitattu 14.4.2015
3. Werner Söderström Oy. 2001. Suuri tietosanakirja.
ISBN 951-0-26053-3
Viitattu 14.4.2015.
4. Ilmatieteen laitos. Valo ja spektri.
<http://www.geo.fmi.fi/oppimateriaali/envisat/valonsade/spektri.html>
Viitattu 14.4.2015
5. Wikipedia Commons. 2014. EM spectrum fi.
[Kuva] http://commons.wikimedia.org/wiki/File:EM_spectrum_fi.svg
6. Westinghouse lighting. Can color temperature affect my mood?
<http://www.westinghouselighting.com/color-temperature.aspx>
Viitattu 14.4.2015.
7. Wikipedia. 2015. Värilämpötila.
[kuva] http://fi.wikipedia.org/wiki/V%C3%A4ril%C3%A4mp%C3%B6tila#/media/File:Color_temperature.svg
8. Kodin valaistus. 2012. Valon laatu.
<http://www.kodinvalaistus.fi/valon-laatu/>
Viitattu 14.4.2015
9. Sähkötieto ry. 2000. ST-kortti 58.06,
Valaistuksen tavoitteet ja valaistuksen tavoitteiden toteutus. Espoo.
10. Sähköturvallisuuden edistämiskeskus. 2009. Halogeenilamput.
http://www.stek.fi/sahkon_kaytto_kotona/valonlahteet_lamput/fi_FI/halogeenilamput/
Viitattu 4.4.2015.
11. Sähköturvallisuuden edistämiskeskus. 2009. Loistelamput.
http://www.stek.fi/sahkon_kaytto_kotona/valonlahteet_lamput/fi_FI/loistelamput/
Viitattu 4.4.2015.

12. Honkanen, H. 2013. Valaistustekniikka.
http://gallia.kajak.fi/opmateriaalit/yleinen/honHar/ma/STEK_Valaistustekniikka.pdf
 Viitattu 4.4.2015

13. Ensto Building Technology, Tampereen ammattikorkeakoulu, Virtuaaliammattikorkeakoulu. 2009. LED.
<http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/opintojaksot/0705016/1228387313247/1228387387439/1233229692599/1233229715150.html>
 Viitattu 6.4.2015.

14. Lighting Research Center. 2003. How is white light made with LEDs?
<http://www.lrc.rpi.edu/programs/nlpip/lightinganswers/led/whiteLight.asp>
 Viitattu 6.4.2015.

15. Lighting Research Center. 2005. How do metal halide lamps work?
<http://www.lrc.rpi.edu/programs/nlpip/lightinganswers/mwmhl/work.asp>
 Viitattu 5.4.2015.

16. If Vahinkovakuutusyhtiö Oy. 2010.
 Monimetallilamppu voi aiheuttaa palovaaraa.
http://www.if.fi/web/fi/sitecollectiondocuments/commercial/turvallisuus/20100631_monimetallilamppu_paloturvallisuus.pdf
 Viitattu 5.4.2015.

17. New World Encyclopedia. 2014. High-intensity discharge lamp.
http://www.newworldencyclopedia.org/entry/High-intensity_discharge_lamp#cite_ref-3
 Viitattu 6.4.2015.

18. Driessen, Joep. Article about Light. 2011.
http://www.vetvice.com/upload/files/cowsignals/Light%20CowSignal%20Series%203th%20of%207%20Articles%20on%20CowSignals%202011__1.pdf
 Viitattu 16.3.2015.

19. Rajaniemi, Mari. Lypsykarjanavetan valaistus. 2014.
 Tuotantorakennuksen valaistus-koulutuspäivä, Pro Agria Kainuu.
 Järjestetty 25.11.2014.

20. Karlström, Tiina. Mihin lehmät tarvitsevat valoa? 2014.
 Tuotantorakennuksen valaistus koulutuspäivä, Pro Agria Kainuu.
 Järjestetty 25.11.2014.

21. Glamox Luxo Lighting Oy. 2015. GPV2.
<http://glamox.com/modules/PdfBuilder/group.aspx?websiteID=5&id=2574&projecttitle=&projectdesc=&out=pdf>
 Viitattu 26.3.2015.

22. Valtavalo. 2015. Valtavalo G3+ LED tube brochure.
<http://valtavalo.fi/tuotteet/led-valoputket/?lang=en>
Viitattu 27.3.2015.
23. FarmLed. 2013. PRO-sarjan valaisimet.
<http://www.farmled.fi/fi/tuotteet/pro-sarja>
Viitattu 27.3.2015.
24. Karlström T. 2015. Valoa karjalle. Nauta. 2/2015, 27.
[Aikakausilehtiartikkeli] Viitattu 19.4.2015

Valaistusvoimakkuusmittauksien mittausohje

Kaikki lukemat mitataan 1,0m korkeudelta. Ruokintapöydältä mitataan 5 lukemaa per eläinryhmä.	Kantavat hiehot		5 lukemaa	Ruokintapöytä	Ummessa olevat		5 lukemaa	5 lukemaa
	Kantavat hiehot		5 lukemaa		10 lukemaa	10 lukemaa		
	Käytävä				Lypsy-lehmät			
	Nuorkarja							
	Nuorkarja		5 lukemaa					
	Nuorkarja							
	Nuorkarja				Hoitokarsina	2 lukemaa	Lypsasema	
	Nuorkarja				Hoitokarsina	2 lukemaa		
	Nuorkarja		5 lukemaa		Hoitokarsina	2 lukemaa		
	Nuorkarja				Hoitokarsina	2 lukemaa		
Nuorkarja			Käytävä					
				Vasikat	5 lukemaa	5 lukemaa		
				Käytävä				

Dialux:illa laskettuja valaistusvoimakkuutta esittäviä syvyyskäyriä

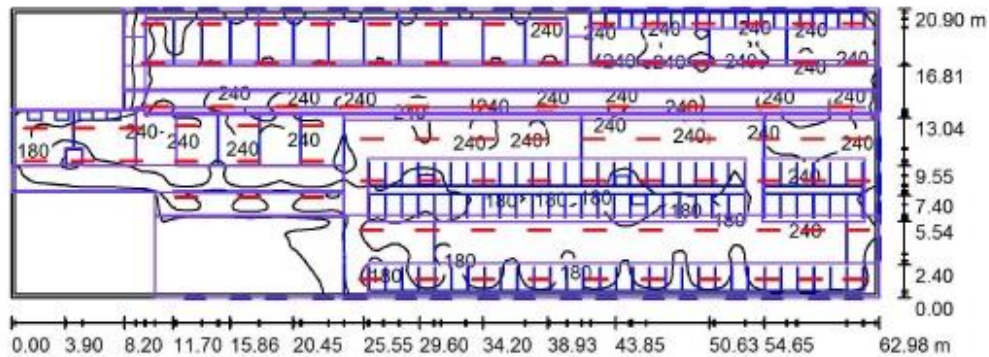
Projekti 1

DIALux

27.04.2015

Tekijä
Puhelin
Faksi
Sähköpostiosoite

Tila 1 / Yksisivuinen tulos



Tilan korkeus: 3.600 m, Huoltokerroin: 0.80

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1:451

Pinta	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Käyttötaso	/	193	18	272	0.093
Lattiat (11)	20	128	1.10	228	/
Katto	70	60	1.13	491	0.019
Seinät (5)	50	78	1.78	439	/

Käyttötaso:

Korkeus: 0.850 m
Rasteri: 128 x 128 Pisteet
Reuna-alue: 0.250 m

Luettelo valaisimista

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	Φ (Valaisin) [lm]	Φ (Lamput) [lm]	P [W]
1	94	Glamox GPV2 158 PC - 1x58W T8 58 W (1.000)	3870	5200	73.0
Yhteensä: 363803			Yhteensä: 488800	6862.0	

Ominainen verkkoon kytketty kuorma: $5.21 \text{ W/m}^2 = 2.70 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Pohjapinta-ala: 1316.28 m^2)

Dialux:illa laskettuja valaistusvoimakkuutta esittäviä syvyyskäyriä

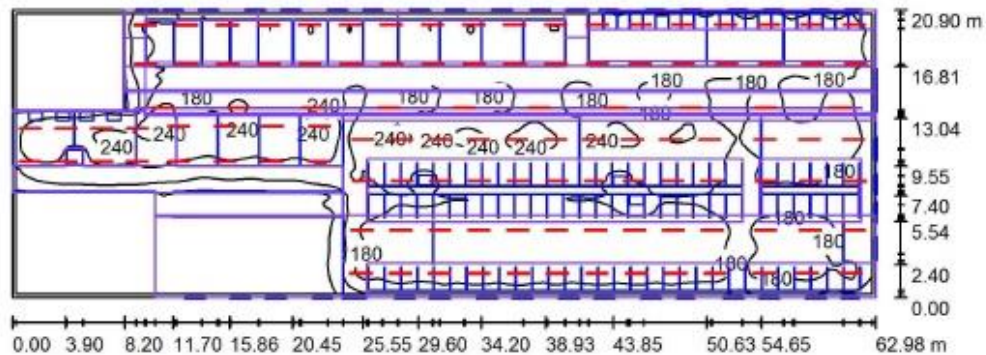
Projekti 1

DIALux

27.04.2015

Tekijä
Puhelin
Faksi
Sähköpostiosoite

Tila 1 / Yksisivuinen tulos



Tilan korkeus: 3.600 m, Huoltokerroin: 0.80

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1:451

Pinta	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Käyttötaso	/	182	6.55	275	0.036
Lattiat (11)	20	128	0.69	231	/
Katto	70	36	0.76	380	0.021
Seinät (5)	50	44	1.15	215	/

Käyttötaso:

Korkeus: 0.850 m
Rasteri: 128 x 128 Pisteet
Reuna-alue: 0.250 m

Luettelo valaisimista

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	Φ (Valaisin) [lm]	Φ (Lamput) [lm]	P [W]
1	114	Valtaval Oy Dura-150cm-1xG3P-24W_4000K F (1.000)	2653	2648	23.9
Yhteensä:			302423	Yhteensä: 301872	2724.6

Ominainen verkkoon kytketty kuorma: $2.07 \text{ W/m}^2 = 1.14 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Pohjapinta-ala: 1316.28 m^2)

Dialux:illa laskettuja valaistusvoimakkuutta esittäviä syvyyskäyriä

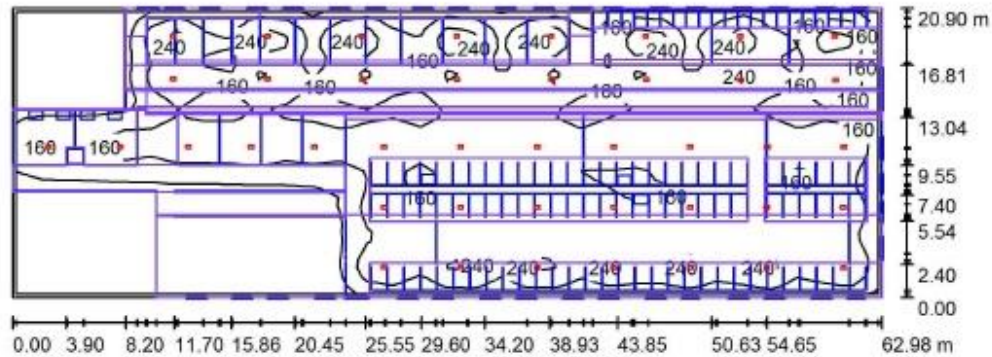
Projekti 1

DIALux

27.04.2015

Tekijä
Puhelin
Faksi
Sähköpostiosoite

Tila 1 / Yksisivuinen tulos



Tilan korkeus: 3.600 m, Huoltokerroin: 0.80

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1:451

Pinta	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Käyttötaso	/	166	3.56	375	0.021
Lattiat (11)	20	114	0.52	251	/
Katto	70	22	0.65	36	0.030
Seinät (5)	50	26	0.93	180	/

Käyttötaso:

Korkeus: 0.850 m
Rasteri: 32 x 32 Pisteet
Reuna-alue: 0.250 m

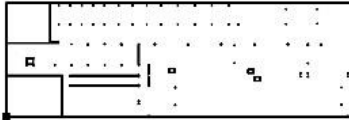
Luettelo valaisimista

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	Φ (Valaisin) [lm]	Φ (Lamput) [lm]	P [W]
1	42	Easy Led Oy PRO 200 DRAGON 60+ 6500K 501003 & 501303 PRO 200 DRAGON 60+ 6500K 501003 & 501303 (1.000)	6000	6000	52.0
Yhteensä: 252000			Yhteensä: 252000		2184.0

Ominainen verkkoon kytketty kuorma: $1.66 \text{ W/m}^2 = 1.00 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Pohjapinta-ala: 1316.28 m^2)

Dialux:illa laskettu valaistusvoimakkuusrasteri, Glamox

Tila 1 / Käyttötaso / Taulukot (E)



Pinnan sijainti tilassa:
Käyttötason 0,250 m Reuna-alue
Merkittypiste: (0,250 m, 0,250 m, 0,850 m)



20.081	/	/	/	/	138	153	175	190	178	209	182	202	167	212	182	217	181	188	185	201	212	201	208	205	210	201	193	212	193	238	198	225
19.444	/	/	/	/	151	178	200	217	201	238	185	241	187	243	181	250	203	211	207	218	231	212	231	241	228	239	215	250	202	252	209	241
18.806	/	/	/	/	148	178	199	214	205	227	189	229	190	234	183	236	205	204	209	213	221	209	234	241	230	242	223	248	213	249	213	228
18.169	/	/	/	/	148	178	200	214	206	226	191	227	192	230	184	232	208	198	208	211	221	204	232	238	227	237	221	243	211	243	212	223
17.531	/	/	/	/	149	183	200	217	201	229	189	224	195	237	190	238	209	208	215	215	221	213	235	242	231	241	222	248	215	249	220	231
16.894	/	/	/	/	154	198	213	233	213	245	202	230	205	251	198	250	218	215	225	228	227	207	244	250	238	252	228	258	212	258	224	242
16.256	/	/	/	/	154	199	212	233	213	236	211	237	211	233	205	236	212	225	216	221	222	220	234	235	230	245	218	243	223	241	223	230
15.619	/	/	/	/	144	198	203	227	205	225	210	220	210	210	203	216	201	219	202	212	209	211	224	213	213	229	199	222	215	215	216	212
14.981	/	/	/	/	148	218	214	245	222	231	232	228	232	209	222	220	208	238	208	228	219	208	237	213	214	238	199	225	229	211	231	219
14.344	/	/	/	/	150	237	222	262	232	243	247	230	249	207	239	225	205	250	210	240	222	204	251	210	216	251	194	227	246	204	246	228
13.706	/	/	/	/	160	254	227	272	239	251	246	229	255	190	241	217	200	254	202	240	220	193	256	197	208	250	182	219	247	185	245	216
13.069	149	153	165	165	215	254	232	212	242	234	220	228	229	183	225	215	198	239	202	230	210	199	234	202	208	234	175	210	238	198	235	214
12.431	179	178	194	197	238	255	258	224	257	241	247	238	232	220	237	232	209	280	223	249	209	225	245	213	223	254	202	224	259	238	252	235
11.794	187	187	205	207	237	242	247	214	258	229	238	225	224	229	232	236	218	257	223	250	212	236	231	233	220	250	205	218	258	251	254	240
11.156	184	181	200	207	225	227	240	208	248	218	232	223	217	232	226	236	223	257	225	252	218	240	229	238	223	247	208	219	260	261	256	244
10.519	185	171	179	208	218	223	239	203	246	214	230	223	208	221	217	226	217	241	219	237	213	229	219	228	218	233	204	212	248	254	247	232
9.881	176	154	162	198	206	213	218	175	227	188	208	208	190	207	201	211	210	227	209	226	200	218	198	214	207	219	193	202	236	244	237	217
9.244	146	132	138	166	188	203	210	169	216	183	197	201	184	208	193	201	202	218	202	220	199	216	190	208	204	216	194	199	237	242	235	214
8.606	142	138	158	181	176	187	214	175	221	187	213	207	188	207	171	/	198	212	198	220	198	217	181	198	201	215	194	201	239	243	236	213
7.969	118	126	138	140	154	174	201	167	210	175	198	192	185	207	168	/	192	216	193	228	195	220	/	193	197	215	195	200	239	243	234	218
7.331	/	/	/	/	/	140	110	93	118	100	112	111	168	191	177	187	187	212	188	205	188	203	163	162	188	201	184	185	228	228	222	200
6.694	/	/	/	/	/	128	129	93	137	102	127	129	155	167	155	157	165	181	183	181	172	180	153	128	170	176	167	179	200	203	197	178
6.056	/	/	/	/	/	105	127	108	138	114	128	124	150	173	168	169	170	189	169	189	180	191	158	141	178	185	178	181	212	216	211	189
5.419	/	/	/	/	/	77	43	40	49	46	52	62	168	182	178	179	177	205	183	205	188	204	167	179	186	199	188	190	228	231	222	204
4.781	/	/	/	/	/	41	29	28	36	33	44	58	160	196	190	199	186	220	189	219	190	215	190	207	194	214	192	196	238	242	231	222
4.144	/	/	/	/	/	41	51	51	58	56	68	80	163	194	190	202	185	220	190	217	188	214	193	213	193	211	192	194	236	239	227	217
3.506	/	/	/	/	/	36	46	48	53	55	64	77	153	184	183	188	181	208	185	204	182	201	187	199	185	198	187	189	225	227	216	200
2.869	/	/	/	/	/	33	42	48	50	51	61	74	149	177	178	178	177	198	180	197	177	194	182	191	181	190	183	185	217	220	210	192
2.231	/	/	/	/	/	28	38	41	48	49	58	76	151	182	179	179	174	199	175	201	177	200	181	195	182	192	187	185	222	225	212	193
1.584	/	/	/	/	/	24	33	38	43	44	54	70	157	191	180	198	171	214	166	210	176	214	182	201	175	191	193	192	231	237	214	209
0.956	/	/	/	/	/	21	31	33	41	42	51	66	160	192	188	200	182	207	152	216	165	217	174	203	172	191	189	187	229	236	205	221
0.319	/	/	/	/	/	20	29	31	39	40	49	64	146	173	155	179	155	190	144	189	156	193	164	181	160	175	172	209	212	190	198	

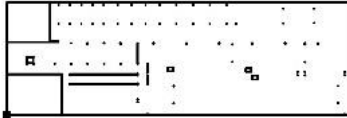
m 0,976 2,928 4,881 6,834 8,786 10,739 12,691 14,644 16,596 18,549 20,501 22,454 24,406 26,359 28,311 30,264 32,216 34,169 36,121 38,074 40,026 41,979 43,931 45,884 47,836 49,789 51,741 53,694 55,646 57,599 59,551 61,504

Huomio: Koordinaatit viittaavat yläpuolella olevaan kuvaan. Anot (yksikkö) Lux.

Rasteri: 32 x 32 Pisteet

Dialux:illa laskettu valaistusvoimakkuusrasteri, Valtavalo

Tila 1 / Käyttötaso / Taulukot (E)



Pinnan sijainti tilassa:
Käyttötason 0.250 m Reuna-alue
Merkityspiste: (0.250 m, 0.250 m, 0.850 m)



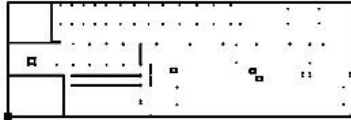
20.081	/	/	/	/	/	161	140	184	200	190	223	193	170	204	192	200	23	193	192	214	190	221	206	179	204	185	195	215	188	209	210	188	208
19.444	/	/	/	/	/	176	188	230	228	223	246	221	212	243	229	229	244	226	226	240	221	240	221	205	237	213	213	234	210	222	223	204	220
18.806	/	/	/	/	/	165	186	219	222	218	230	217	209	230	224	220	229	222	220	230	215	226	205	211	229	211	213	222	205	213	211	201	204
18.169	/	/	/	/	/	159	184	214	217	216	225	212	207	223	219	216	221	216	211	222	212	217	200	208	223	207	209	215	202	206	206	198	197
17.531	/	/	/	/	/	165	187	216	217	214	227	215	204	224	222	218	228	216	216	227	215	223	206	209	225	209	212	217	205	211	209	202	201
16.894	/	/	/	/	/	168	195	225	226	224	238	224	193	231	229	224	229	223	222	234	221	228	194	217	233	214	220	225	210	217	207	208	210
16.256	/	/	/	/	/	155	192	210	214	215	218	218	210	213	213	207	214	208	217	211	210	214	206	204	211	197	207	203	195	208	194	195	193
15.619	/	/	/	/	/	133	183	184	194	203	191	203	199	185	197	188	186	194	195	183	195	190	181	189	183	175	189	170	175	183	165	175	168
14.981	/	/	/	/	/	126	203	180	193	213	183	208	206	174	201	185	175	198	190	173	202	182	172	201	177	174	198	159	175	187	157	181	169
14.344	/	/	/	/	/	121	231	184	200	233	184	222	220	170	214	192	170	207	192	169	219	179	169	221	174	177	215	155	178	200	151	193	175
13.706	/	/	/	/	/	108	262	196	208	252	200	234	238	166	211	191	166	215	197	164	225	176	165	225	166	178	222	146	178	202	140	194	172
13.069	161	183	181	192	217	209	202	198	235	211	189	235	174	181	198	183	214	204	182	220	187	182	218	181	190	213	148	171	202	153	197	178	
12.431	200	220	220	231	244	267	218	236	246	229	228	253	196	222	233	221	234	233	221	252	209	215	247	208	225	242	185	190	218	191	207	195	
11.794	212	235	236	245	245	248	214	222	226	224	215	238	208	232	244	237	242	244	239	251	233	230	247	235	240	243	196	190	218	207	210	200	
11.156	212	232	228	242	232	231	208	208	208	212	206	224	209	232	243	239	241	247	242	243	234	232	241	238	240	236	198	186	213	210	204	198	
10.519	212	215	178	240	227	220	200	200	198	208	194	216	202	221	231	230	232	237	234	234	229	224	229	229	231	224	191	179	201	202	194	186	
9.881	199	198	157	228	212	206	186	187	183	197	182	206	194	213	222	223	228	232	229	230	225	221	220	220	229	219	188	175	194	198	190	179	
9.244	153	153	127	174	182	183	142	144	140	152	143	170	189	207	218	216	223	227	225	223	223	222	212	213	225	217	188	170	192	194	183	178	
8.606	141	157	154	165	164	153	135	139	133	145	140	161	190	204	191	/	210	227	228	220	226	218	145	201	224	215	190	170	193	193	181	178	
7.969	112	127	128	131	128	118	108	110	108	115	114	133	184	201	188	/	209	223	225	218	224	219	/	193	221	212	189	167	188	193	178	175	
7.331	/	/	/	/	/	73	55	58	57	62	66	79	159	191	207	201	212	221	215	215	219	214	180	173	215	205	181	156	183	186	178	165	
6.694	/	/	/	/	/	50	27	27	30	32	39	63	143	152	164	163	171	178	174	174	178	172	163	93	174	167	150	148	148	153	144	133	
6.056	/	/	/	/	/	35	35	35	37	38	41	54	141	166	185	183	188	195	196	194	197	192	181	142	192	185	167	152	169	173	164	152	
5.419	/	/	/	/	/	24	14	14	17	18	24	42	151	187	204	191	206	217	214	212	216	213	200	188	210	201	182	164	184	187	177	166	
4.781	/	/	/	/	/	10	8.87	8.99	11	13	23	50	164	202	222	207	222	232	228	225	233	229	221	221	229	217	194	173	196	199	185	180	
4.144	/	/	/	/	/	8.49	8.87	8.99	11	13	24	53	163	202	222	209	223	231	227	226	233	229	223	229	229	217	195	175	196	200	185	180	
3.506	/	/	/	/	/	8.57	9.39	9.54	14	16	26	56	153	191	209	197	211	219	216	215	220	217	211	216	217	206	186	169	187	191	177	168	
2.869	/	/	/	/	/	8.31	10	11	15	17	27	55	153	188	208	196	208	216	212	212	217	213	208	214	213	203	188	169	185	190	175	168	
2.231	/	/	/	/	/	7.43	9.78	10	15	17	27	58	167	197	218	205	215	227	224	217	228	224	214	225	223	210	198	178	197	204	179	178	
1.594	/	/	/	/	/	7.15	9.30	9.86	14	16	26	56	176	199	228	208	211	231	228	216	234	229	209	229	233	215	207	185	202	214	176	169	
0.956	/	/	/	/	/	6.55	9.19	9.71	14	16	26	54	160	179	205	189	193	207	205	195	210	205	190	208	212	193	185	166	181	190	158	175	
0.319	/	/	/	/	/	6.55	9.19	9.71	14	15	25	47	127	142	158	150	154	162	162	157	165	159	156	163	165	157	147	132	145	147	128	136	
m	0.976	2.929	4.881	6.834	8.786	10.739	12.691	14.644	16.596	18.549	20.501	22.454	24.406	26.359	28.311	30.264	32.216	34.169	36.121	38.074	40.026	41.979	43.931	45.884	47.836	49.789	51.741	53.694	55.646	57.599	59.551	61.504	

Huomio: Koordinaatti viittaavat yläpuolella olevaan kuvaan. Annot (yksikkö) Lux.

Rasteri: 32 x 32 Pisteet

Dialux:illa laskettu valaistusvoimakkuusrasteri, FarmLed

Tila 1 / Käyttötaso / Taulukot (E)



Pinnan sijainti tilassa:
Käyttötason 0.250 m Reuna-alue
Merkittypiste: (0.250 m, 0.250 m, 0.850 m)



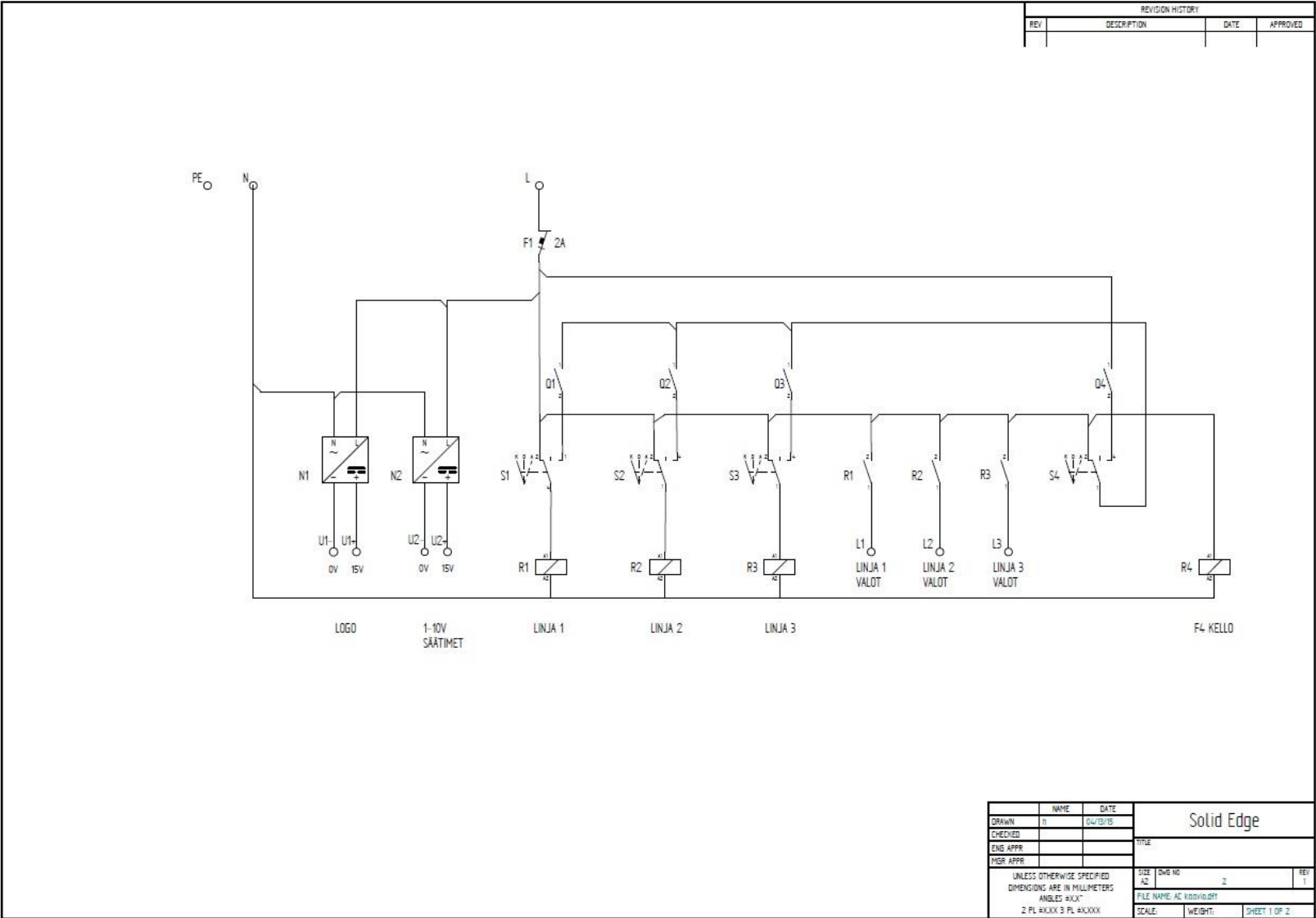
20.081	/	/	/	/	/	52	182	142	79	139	204	89	90	201	145	82	146	214	94	96	187	175	92	109	173	94	83	184	173	85	120	202	104
19.444	/	/	/	/	/	85	265	188	93	181	284	106	121	281	191	96	186	300	139	111	258	226	107	149	272	130	99	249	228	99	155	234	127
18.806	/	/	/	/	/	73	326	221	106	212	349	119	136	342	228	109	216	373	160	128	309	267	119	190	375	163	120	300	270	115	182	367	146
18.169	/	/	/	/	/	79	321	226	114	217	343	124	143	337	232	111	221	364	167	135	307	268	125	196	366	169	127	299	272	120	188	356	152
17.531	/	/	/	/	/	85	282	218	120	210	304	126	146	301	224	116	213	319	166	140	278	251	132	193	320	172	132	273	254	126	184	309	152
16.894	/	/	/	/	/	85	194	162	97	161	217	106	121	230	181	100	174	243	140	120	217	200	128	161	243	146	114	213	201	107	153	234	128
16.256	/	/	/	/	/	95	264	212	127	209	288	141	150	283	218	126	208	299	170	142	263	242	135	190	298	174	138	257	245	132	179	287	158
15.619	/	/	/	/	/	106	266	208	128	206	289	158	150	283	216	132	205	301	171	143	265	237	137	189	300	174	141	258	246	136	179	289	157
14.981	/	/	/	/	/	99	243	192	129	196	264	153	147	258	201	132	195	274	165	139	244	222	135	181	267	168	140	239	231	136	172	267	152
14.344	/	/	/	/	/	89	202	178	129	181	223	149	142	218	189	133	176	233	156	138	214	198	137	170	225	162	140	194	205	132	159	226	142
13.706	/	/	/	/	/	71	170	163	131	167	187	126	144	151	141	108	137	165	122	115	155	148	109	130	161	127	112	151	152	114	121	167	113
13.069	77	90	80	105		92	157	165	112	169	174	117	154	154	171	142	158	189	150	146	185	160	147	170	167	162	156	162	177	147	142	178	133
12.431	101	121	99	134		138	161	178	142	183	170	149	165	114	169	144	135	169	138	138	169	126	144	168	132	155	161	131	160	149	126	157	124
11.794	129	159	118	174		159	174	211	170	217	188	174	196	150	231	175	178	236	178	176	237	167	187	223	170	203	207	167	214	192	158	215	163
11.156	151	190	129	207		172	182	242	181	247	198	188	215	153	260	186	187	267	189	189	267	175	204	251	173	224	237	170	238	218	165	243	178
10.519	154	186	90	215		172	180	243	179	247	195	187	219	157	269	178	194	274	192	194	277	179	210	253	166	232	247	173	245	228	167	252	184
9.881	141	163	72	197		157	166	219	165	224	180	172	202	148	252	170	185	256	185	186	262	172	200	229	153	222	228	168	235	216	160	237	174
9.244	116	129	61	157		111	137	169	120	175	148	119	170	134	218	153	161	222	174	169	228	163	183	181	145	201	191	159	212	197	136	209	159
8.606	88	109	90	118		110	107	127	109	133	119	129	137	125	193	127	/	205	170	147	209	163	172	126	152	192	156	157	202	167	106	194	151
7.969	66	80	72	87		84	82	93	85	96	92	100	110	125	197	152	/	213	174	167	213	167	175	/	155	167	184	161	200	188	137	196	154
7.331	/	/	/	/	/	/	57	63	60	66	64	65	64	124	185	123	141	195	156	141	200	149	157	145	93	166	157	144	217	190	111	200	150
6.694	/	/	/	/	/	/	38	6.42	6.94	9.03	11	18	33	129	249	153	183	265	191	171	268	181	202	230	86	211	218	172	245	225	130	245	176
6.056	/	/	/	/	/	/	26	34	35	38	39	45	59	128	247	152	184	266	186	166	268	176	202	245	156	228	217	167	249	225	123	249	177
5.419	/	/	/	/	/	/	19	11	11	14	15	18	25	123	233	154	178	252	185	166	255	177	201	235	180	222	210	169	237	219	128	237	172
4.781	/	/	/	/	/	/	9.97	3.89	4.39	8.32	11	21	40	120	210	171	173	227	179	180	232	172	192	224	162	207	215	166	217	203	160	212	159
4.144	/	/	/	/	/	/	7.10	3.89	4.36	8.31	11	21	41	114	199	157	168	215	172	174	220	167	187	213	160	196	206	161	206	193	156	201	153
3.506	/	/	/	/	/	/	5.25	3.91	4.41	8.29	11	20	40	113	214	164	170	231	174	179	236	167	191	228	161	204	218	159	217	201	156	215	158
2.869	/	/	/	/	/	/	5.06	6.41	7.55	11	14	23	42	118	259	175	180	277	184	189	281	173	207	268	165	228	250	162	248	225	161	254	176
2.231	/	/	/	/	/	/	5.19	6.97	8.51	12	15	24	44	126	310	183	188	325	192	196	329	177	220	310	167	251	282	162	279	249	161	295	192
1.594	/	/	/	/	/	/	4.53	6.09	7.22	11	14	22	41	120	303	146	178	318	184	159	321	168	212	257	158	244	274	147	273	243	114	290	189
0.956	/	/	/	/	/	/	3.94	5.31	6.10	10	12	20	35	105	240	129	155	256	159	136	258	147	179	206	138	209	227	128	227	204	98	235	164
0.319	/	/	/	/	/	/	3.56	4.86	5.41	9.32	11	19	33	85	170	101	125	183	128	110	184	122	140	142	115	161	167	107	171	155	81	171	127

m 0.976 2.929 4.881 6.834 8.786 10.739 12.691 14.644 16.596 18.549 20.501 22.454 24.406 26.358 28.311 30.264 32.216 34.169 36.121 38.074 40.026 41.979 43.931 45.884 47.836 49.789 51.741 53.694 55.646 57.599 59.551 61.504

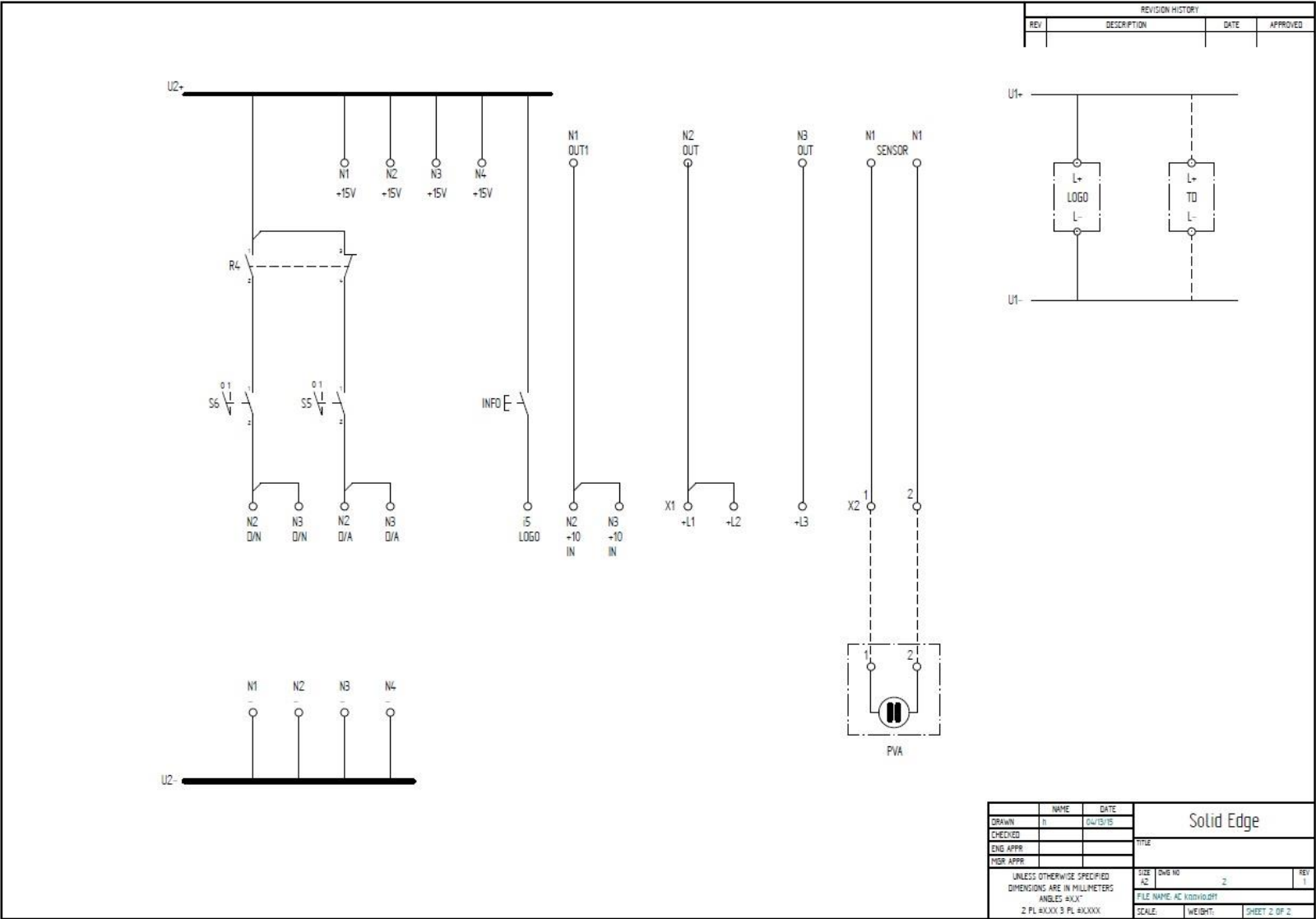
Huomio: Koordinaatit viittaavat työpuolella olevaan kuvaan. Anot (yksikkö) Lux.

Rasteri: 32 x 32 Pisteet

Ohjauskeskuksen kytkentäkaavio



Ohjauskeskuksen kytkentäkaavio



Valaisinlinjojen ja yövalojen sijainti

